

다감각 모듈을 사용한 가상현실 산림 치유 시스템 구현

김소희⁰ 명제원 박영범 김선정^{*}

한림대학교 융합소프트웨어학과, 디지털콘텐츠 융합스쿨 대학원
{m23049, m22066, m21045, sunkim}@hallym.ac.kr

Implementing a Virtual Reality Forest Healing System Using Multisensory Modules

Sohui Kim⁰ Jewon Myung YoungBeom Park Sun-Jeong Kim^{*}

Department of Convergence Software,
School of Digital Contents Convergence, Hallym University

요 약

본 연구는 산림치유를 위해 가상현실 시스템을 적용하여 멀미를 줄이고, 몰입감을 높이기 위해 다감각 요소를 사용하였다. 가상현실 시스템을 적용하는 데 있어 멀미를 줄이는 수단으로 다감각적 요소를 사용하면서 더욱 몰입감 있는 경험을 제공하려 한다. 이를 위해 바람과 향기를 이용한 촉각과 후각 장치를 개발하여 사용하였다. Unity3D의 HDRP(High Definition Render Pipeline)을 사용하여 프로그램을 개발했고, HMD(Head Mounted Display)시스템과 non-HMD(non-Head Mounted Display)시스템을 구축하여 시각적 움직임으로 멀미를 유발하는지 확인하였다. 향기를 맡을 수 있게 후각 장치와 바람을 맞는 듯한 촉각을 주기 위해 에어서큘레이터(Air circulator)를 배치하였고 이를 통해 후각과 촉각이 가상현실 산림치유 시스템에 대한 만족도에 영향을 끼치는지 확인하기 위해 실험을 설계하였다. 실험결과 촉각 장치는 멀미를 줄이는 것에 유의미한 결과를 얻었으나, 개발된 후각 장치가 피험자에게 멀미를 줄이는 것에 대한 유의미한 결과를 얻지 못하였다.

Abstract

This study applied virtual reality systems for forest therapy to reduce motion sickness and enhance immersion using multi-sensory elements. In applying virtual reality systems, multi-sensory elements were utilized to reduce motion sickness while providing a more immersive experience. Among these elements, tactile and olfactory devices utilizing wind and scent were developed and employed. The program was developed using Unity3D's HDRP (High Definition Render Pipeline), and both HMD (Head Mounted Display) and non-HMD systems were established to determine if visual motion induces motion sickness. An air circulator was placed to provide a sense of wind and allow users to smell scents through the olfactory device. An experiment was designed to examine whether tactile and olfactory stimuli influence user satisfaction with the virtual reality forest therapy system. The results showed that the tactile device significantly reduced motion sickness, while the developed olfactory device did not yield significant results in reducing motion sickness for participants.

키워드: 가상현실, 산림치유, 인간-컴퓨터 상호작용

Keywords: Virtual Reality, Forest Healing, Human Computer Interaction

*corresponding author: Sun-Jeong Kim/Hallym University(sunkim@hallym.ac.kr)

Received : 2024.05.21./ Review completed : 1st 2024.08.04. / Accepted : 2024.08.19.

DOI : 10.15701/kcgs.2024.30.4.31

ISSN : 1975-7883(Print)/2383-529X(Online)

1. 서론

실외 단체 활동들은 환경이나 사회적 문제와 같은 외부 요인들로 인해 제한될 수 있다. 교통이나 관광업, 자영업 등의 매출에도 큰 타격을 줄 수 있고, 단체 프로그램 같은 산림치유 프로그램 또한 영향을 줄 수 있다. 산림치유 프로그램은 산림 지도사와 참가자가 단체로 숲에서 산책을 진행하고, 명상과 요가를 진행하는 등의 프로그램 위주로 편성되어 있으므로 단체 활동이 요구되는 활동이다. 이로 인한 대안으로 가상현실 기술이 제시되었다.

산림 속에서 심리적 안정을 위한 마음 챙김 숲속 프로그램[1]을 기반한 스트레스 감소 프로그램을 가상현실로 제작하였다. 가상현실을 HMD(Head Mounted Display)로 통해 VR 환경을 보게 된다면 사용자는 더욱 몰입감을 느낄 수 있다. 하지만 현실의 움직임과 전혀 다른 시각적 움직임으로 멀미를 유발할 수 있다. 이를 해결하기 위해 HMD를 착용하고 걷는 시스템과 HMD를 착용하지 않는 시스템(non-HMD, non- Head Mounted Display)을 구현하였다. HMD 시스템에서는 VR-트레드밀(VR-Treadmill)를 사용하고 non-HMD 시스템에서는 무동력 트레드밀을 사용하여 참가자들이 움직임으로써, 실제로 걷는 느낌을 사용자에게 전달하여 멀미를 줄이려고 시도하였다.

사용자가 프로그램을 체험할 때 다감각적 요소(시각, 청각, 후각, 촉각)는 가상현실에서의 몰입감을 높여주고 멀미를 줄여주는 효과를 보일 것이다. Pilot Study에서 HMD 또는 화면, 스피커로 시각과 청각을 사용자에게 전달하게 된다. 본 연구는 사용자에게 향기를 분사하고 바람을 일으켜 후각과 촉각을 전달하려고 시도하였다. 향기 분사를 위하여 후각 장치를 개발하였고, 바람을 일으키기 위해 에어서클레이터를 사용하였다.

후각장치와 에어서클레이터를 사용했을 때, 참가자의 경험이 얼마나 향상되는지 알아보기 위하여 실험과 설문조사를 진행하였다.

본 연구의 실험에 사용된 가설은 다음과 같다.

H1) 첫 회기보다 나머지 회기들이 멀미를 덜 할 것이다.

H2) 후각, 촉각 요인이 각 시스템의 멀미를 줄이는 것에 효과적일 것이다.

실험 참가자는 HMD 시스템과 non-HMD 시스템 각각 20 명을 대상으로 진행하였으며 총 4 회 진행하였다. 실험의 첫 회기는 두 장치를 사용하지 않았고, 두 번째 회기는 후각장치만, 세

번째 회기는 에어서클레이터만 사용하였고 마지막은 둘 다 사용하였다.

실험의 멀미를 측정하기 위한 도구로 SSQ(Simulator sickness questionnaire)설문지를 활용하여 설문하였다. SSQ 설문은 실험을 시작하기 전과 각 회기를 마친 뒤 진행하였고 총 5 회 수집하였다. 참가자들이 실제로 멀미를 느꼈는지 주관적인 서술을 할 수 있도록 진행하였다.

2. 관련 연구

SSQ[2]는 가상현실 또는 다른 시뮬레이션 환경에서 발생할 수 있는 멀미의 심각도를 평가하기 위해 사용되는 설문지이다. 여러 연구에서 SSQ를 사용하여 VR 멀미에 대한 영향을 분석하였다. 본 연구에서도 SSQ를 사용하여 멀미를 측정하였고, 실제로 멀미를 느꼈는지 실험 참가자에게 질문하였다.

VR에서 다감각 시스템을 사용하여 사용자에게 사실적이고 몰입감 있는 경험을 제공한다[3, 4]. 참가자가 VR에서 어떤 행동을 하는지에 대한 경험을 실제처럼 느끼는 것이 중요하고 이를 위해 다양한 연구가 시도되었다. Heilig[5]은 초기의 몰입형 다감각 시스템으로 센소라마 시뮬레이터(Sensorama Simulator)를 제시했다. 이 시스템은 사용자의 몰입감을 극대화하기 위해 입체 영상과 향기, 바람, 진동 피드백을 사용한 시스템이다. Rheiner[6]은 바람, 열 감각, 후각 피드백을 사용한 시스템으로 새의 일인칭 시점을 다감각적으로 구현하였다. Dinh[7]은 가상현실 경험에서 시각, 청각, 촉각, 후각 피드백의 영향을 조사하였고, 후각 자극의 포함 시 사용자의 존재감을 높이는 데 영향이 있었다. 후각 피드백과 관련한 웨어러블 형태의 장치를 사용한 연구의 사례로 다양한 연구들[8, 9, 10]이 진행되는데 우리는 후각 장치를 설치하는 형태로 제작되어 향기를 퍼트리는 연구들[11, 12]의 사례처럼 진행하였다.

가상현실에서의 바람은 현실감을 올려줄 뿐만 아니라 움직이고 있다고 느껴지게 하는 감각으로도 연구가 진행되었다. VR 환경에서 고속으로 움직이거나[13], 바람이 부는 환경이 필요할 때[14] 바람을 발생시켰다. Park[15]은 바람의 기류는 방향에 관계없이 상쾌한 효과를 주면서 사이버 멀미 수준이 감소하는 결과를 가져왔다. 본 논문은 산림에서 자연풍이 발생한다고 가정하고 에어서클레이터로 바람을 보내 주었고, 땀을 식히고 자연스러운 느낌을 주며 실제로 실험 참가자들에게 좋은 평가를 얻었다.

3. 설계 및 구현

3.1 Pilot Study

실험 참가자는 실험에 참가하기 전에 장비의 사용 방법을 익히기 위해 안내하는 Scene 을 먼저 지정하였다. 참가자는 해당 Scene 에서 좌, 우로 회전하며 앞으로 나아가 목표 지점에 도달하는 것으로 장비의 사용 방법을 익힐 수 있다.

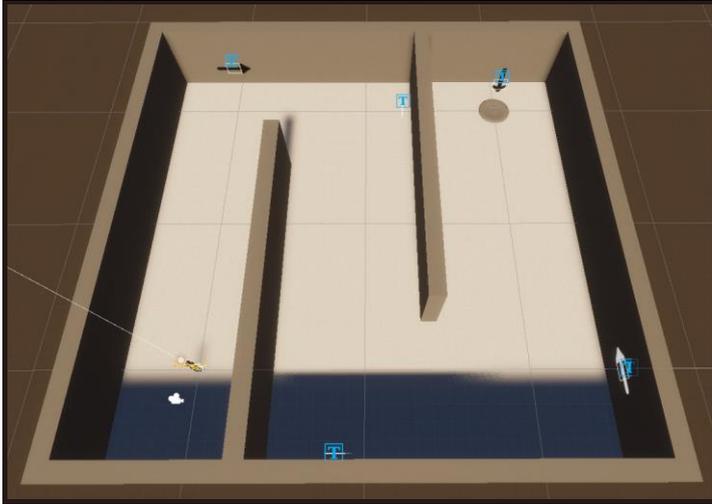


Figure 1 The Scene of a Pilot Study

3.2 실험 설계

본 실험은 실제와 비슷한 그래픽을 구현하기 위해 Unity3D(2020.3.4.f1)으로 HDRP 환경에서 개발되었다. 실험은 두 가지 시스템으로 구성하였다. 첫 번째 시스템은 HMD 와 VR-트레드밀을 사용하는 HMD 시스템과 KinectV2 와 무동력 트레드밀을 사용하여 참가자를 추적하는 non-HMD 시스템이다.

첫 번째 시스템인 HMD 시스템은 Meta Quest2 를 사용하여 참가자가 가상 환경을 체험할 수 있도록 하였다. 참가자는 KAT Walk Mini(Figure 2.a)를 통해 직접 걷는 동작으로 가상 환경을 이동하였다. 두 번째 시스템인 non-HMD 시스템은 무동력 트레드밀(Figure 2.b)과 Kinect V2 를 사용하여 참가자의 움직임을 추적하였다. 트레드밀 위에서 걷는 동작을 통해 가상 환경을 이동할 수 있고 이런 움직임은 참가자 앞의 모니터로 확인할 수 있다. 촉각과 후각 자극을 위해 에어서큘레이터를 사용하여 바람을 발생시켰고, 3D 프린터로 제작한 향기 발생 장치를 활용하였다(Figure 3). 향기 발생 장치는 참가자가 바라보는 방향으로 향기를 분사할 수 있도록 아두이노를 사용해 팬을 제어하였고, 전체적인 구조는 3D 프린터로 출력된

형태로 제작되었다. 에어서큘레이터와 향기 발생 장치는 무동력 트레드밀 앞에 배치되어 참가자가 전방에서 바람과 향기를 경험할 수 있도록 설계되었다.

3.3 실험 대상

참가자는 20-30 대 남녀 40 명을 대상으로 선정하였으며, HMD 시스템 환경과 non-HMD 환경에 각각 20 명씩 배치되어 실험을 진행하였다.

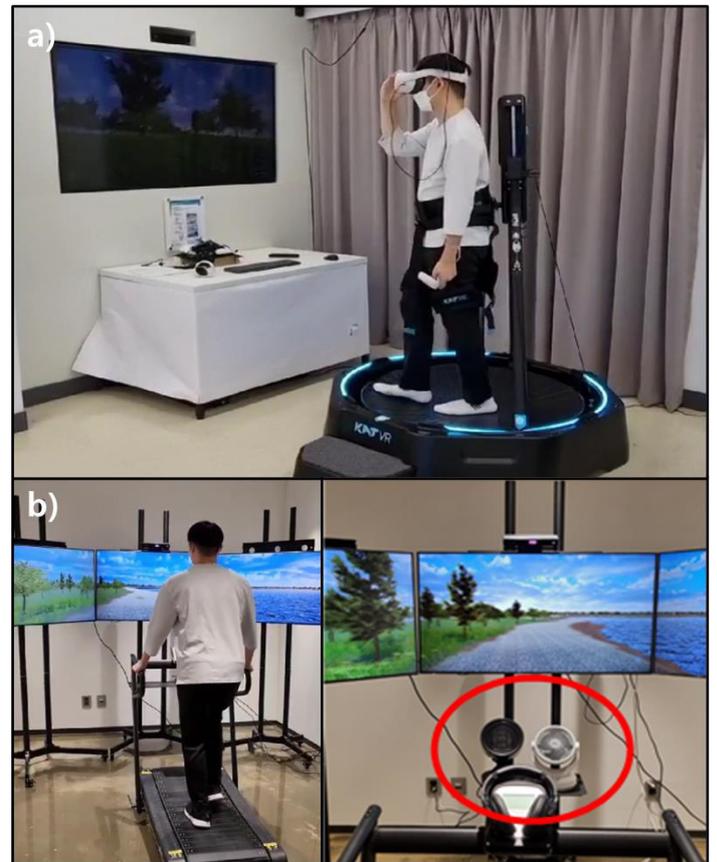


Figure 2 a) HMD System VR-Treadmill

b) non-HMD System no-Power Treadmill

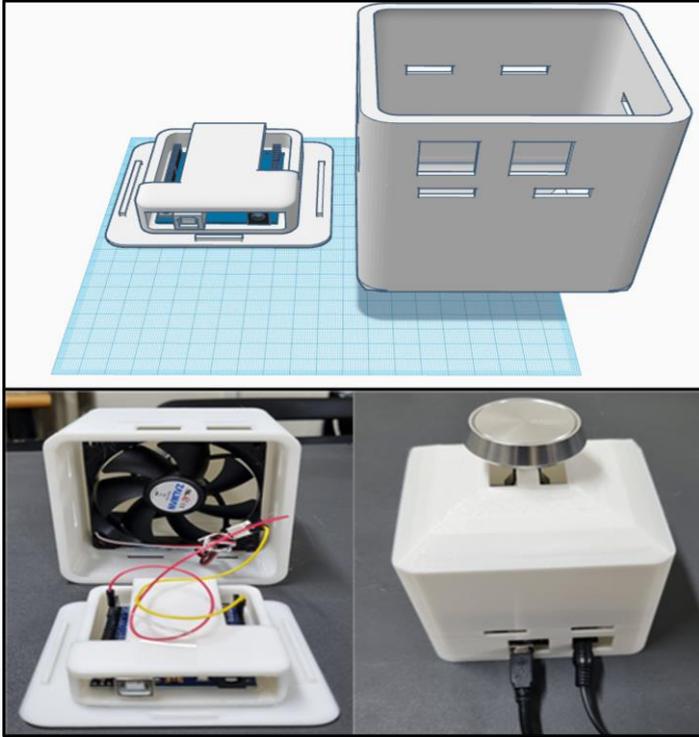


Figure 3 Olfactory Device Made With a 3D Printer

본 실험에 앞서 참가자는 사전 설문조사와 연구 대상자 동의서를 진행한다. 사전 설문조사에는 나이, 성별, VR 사용 경험과 3D가 포함된 프로그램 사용 경험에 대해 작성한다. 실험에는 설문조사 시간을 포함하여 총 20분이 소요된다. 참가자는 두 시스템 중 무작위로 선택되어 해당 시스템을 체험하게 되며, 시작 전 올바르게 움직이기 위한 사전설정과 함께 사용 방법을 익힌다. 4회기 동안 실험이 진행되며, 각각의 환경에 참가자의 집중도를 확인하기 위해 동물 모델(Figure 4)도 추가하였다. 회기마다 30초간 숨쉬기 운동과 1분간 길을 따라서 걷기를 수행하며 매 회기가 끝날 때 참가자가 멀미를 느끼는지에 대한 SSQ 설문지 작성을 진행한다. SSQ 설문지는 메스꺼움(Nausea), 안구운동의 불편함(Oculus-motor discomfort), 방향감각 상실(Disorientation)의 가중치를 가지고 있는 16개의 질문지를 가지고 4-likert(증상이 없음, 약함, 보통, 심함)으로 평가한다. SSQ 설문 같은 경우에는 바로 진행하지 않으면 외부의 요인으로 인해 해당 회기의 값을 얻을 수 없다고 판단하여 SSQ 설문 수집은 각 회기를 마치자마자 진행하였다. 산림 치유 프로그램이 완료되면, 최종 설문으로 체험한 시스템을 평가하게 되고 실험이 마무리된다.

3.4 실험 방법

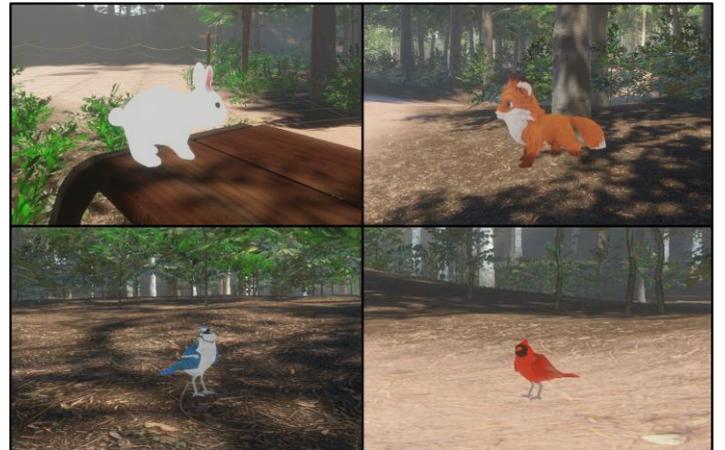


Figure 4 Animal models (rabbit, fox, and birds)



Figure 5 VR Forest Scene

4. 결과

4.1 SSQ 설문지 결과

SSQ 설문지는 Kennedy의 SSQ 설문지 분석 방법을 사용하여 정리하였다. Kennedy의 연구에선 총 16개의 증상은 Nausea(N, 메스꺼움), Oculomotor(O, 눈의 피로), Disorientation(D, 현기증) 3가지 요소로 분류하였다. 증상에 따라 가중치를 곱하여 총점을 계산한다.

전체 시스템(N=40), 각 시스템(N=20) 회기의 각 SSQ 점수 간 차이를 알아보기 위해 통계 분석 도구인 SPSS 프로그램으로 대응표본 t 검정을 실시하였다.

대응표본 t 검정 결과, 대부분의 시스템 환경에서 1 회기와 4 회기의 차이가 유의하므로($p < .05$) 회기가 거듭될수록 멀미를 더 느낀다고 볼 수 있다. SSQ 점수 중 Nausea와 Oculomotor discomfort 점수에서 유의미한 차이가 발생하였고 이는 관련된 설문 항목이 영향을 미쳤다고 볼 수 있다. HMD 시스템 환경에서 Disorientation 점수는 유의미한 차이가 발견되지 않았다. 이러한 결과는 서론에서 제시한 첫 번째 가설인 ‘첫 회기보다 나머지 회기들이 멀미를 덜 할 것이다.’를 기각한다. 회기가 진행될수록 피로감이 SSQ 점수를 높게 나오게 되었다고 볼 수 있다.

4.2 만족도 조사 결과

Table 4와 Table 5는 참가자의 만족도 평가를 위해 제작한 설문지로, 참가자가 참여한 실험에 해당하는 시스템의 종합적인 평가를 진행하였다. 다각각 만족도 조사 설문지는 추가로 참가자가 부정적인 설문을 진행하였을 때 개선을 위하여 의견을 받았다.

평가는 독립표본 t 검정을 사용하여 두 시스템 간 유의미한 차이가 있는지 검정하였다. 참가자는 VR 트레드밀이 모든 방향을 회전하며 걸어갈 수 있고 non-HMD 시스템 환경의 걷기보다 걷는 속도를 조절할 수 있기 때문에 HMD를 사용하였을 때, non-HMD보다 조작성이 더 좋다고 느낀다고 대답하였다.

참가자는 HMD를 착용하고 바람을 느낄 때 non-HMD보다 멀미가 심했는데, 이는 VR 트레드밀의 구조물로 인해 바람이 덜 느껴지는 것과 참가자의 회전이 바람을 등으로 맞는 빈도가 많아져서 제대로 전달되지 않았다고 답변하였다.

참가자는 HMD를 사용하였을 때 non-HMD를 사용하였을 때 더욱 멀미를 더 느낀다. HMD의 착용으로 인해 머리의 무게가 앞으로 쏠리고, 화면이 바로 눈앞에 있으며, 걸을 때의 속도가 자신이 생각하는 속도와 다르다고 하였다. 또한, 그래픽이 뿌옇

게 보인다는 의견과 그래픽이 너무 인위적이라고 답변하였다. 향기와 관련한 질문의 답변으로, 향이 산에서 발생할 것으로 예상되는 향이 아니었다고 생각한 답변과 향이 너무 약해서 맡지 못하였다는 답변으로 나뉘었다. 후각 장치를 개량하여 더 많이 퍼질 수 있도록 해야 한다. 이러한 내용은 서론에서 제시한 두 번째 가설인 “후각, 촉각 요인이 각 시스템의 멀미를 줄이는 것에 효과적일 것이다.”에서 후각 요인이 효과적이지 않았으므로 기각된다. 그러나 바람의 발생은 촉각 요인으로써 멀미를 줄이는데 효과적이었다고 할 수 있다. 앞으로 개선해야 할 점으로 “계절이 좀 더 다양했으면 좋겠다.”, “산의 물체가 바람 또는 사용자의 움직임에 반응하여 움직였으면 좋겠다.”, “더 다양하고 많은 동물 배치가 필요할 것 같다.”, “HMD의 렌즈에서 결이 보였다.”는 것으로 참가자들의 답변을 요약할 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 산림치유 활동을 가상현실로 옮겨 현실과 같은 효과를 낼 수 있도록 연구하였다. 개발한 HMD와 non-HMD 시스템에 다각각 개념인 후각(향기)과 촉각(바람)을 추가하여 개선한다.

시스템의 멀미를 줄이기 위해서 후각 장치를 개발하여 배치하였고, 바람 발생을 위해 에어서클레이터를 사용하여 검증하는 실험을 진행하였다. 실험은 총 4 회기로 진행되었으며 시스템마다 20명의 실험 참가자를 배치하였다. 실험을 마치고 SSQ 설문과 만족도 조사를 검정한 결과 가설과 일치하지 않았다. 첫 번째 가설은 나머지 회기들이 첫 회기보다 멀미 정도가 더 높았는데, 참가자들이 회기가 진행될수록 피로가 쌓여 멀미가 더 심해졌다는 결과가 초래되었다. 두 번째 가설은 만족도 조사의 결과로 촉각(바람)은 참가자의 땀을 식히고 산에 있는 것과 같은 바람을 느끼게 하였다. 하지만, 후각 장치의 성능 부족으로 인하여 참가자의 위치까지 도달하지 못해 멀미를 줄이는 효과를 얻지 못하였다.

향후 연구를 위한 개선점으로 후각 장치의 개선과 가상현실 프로그램의 그래픽 성능의 향상 그리고 다양한 상호작용 가능한 물체들이 개발되어야 시스템의 사용자에게 좋은 경험을 줄 수 있을 것이다.

Table 1 Results of a paired-samples t-test for Nausea scores based on the system

Paired samples t-test							
All condition(N=40)		Matching difference			Degree of Freedom	Significance probability	
		Average	Standard Deviation	Standard error of Average		One-side probability	Two-side probability
Matching 1	N 2 – N 1	-1.431	16.246	2.569	39	0.290	0.581
Matching 2	N 3 – N 1	4.770	12.028	1.902	39	0.008	*0.016
Matching 3	N 4 – N 1	8.348	14.032	2.219	39	0.000	*0.001
HMD(N=20)		Matching difference			Degree of Freedom	Significance probability	
		Average	Standard Deviation	Standard error of Average		One-side probability	Two-side probability
Matching 1	N 2 – N 1	-5.724	19.673	4.399	19	0.104	0.209
Matching 2	N 3 – N 1	2.862	13.168	2.945	19	0.172	0.343
Matching 3	N 4 – N 1	10.494	17.205	3.847	19	0.007	*0.013
Non-HMD(N=20)		Matching difference			Degree of Freedom	Significance probability	
		Average	Standard Deviation	Standard error of Average		One-side probability	Two-side probability
Matching 1	N 2 – N 1	2.862	10.767	2.407	19	0.125	0.249
Matching 2	N 3 – N 1	6.678	10.767	2.407	19	0.006	*0.012
Matching 3	N 4 – N 1	6.201	9.922	2.219	19	0.006	*0.012

Table 2 Results of a paired-samples t-test for Oculus-motor discomfort scores based on the system

Paired samples t-test							
All condition(N=40)		Matching difference			Degree of Freedom	Significance probability	
		Average	Standard Deviation	Standard error of Average		One-side probability	Two-side probability
Matching 1	N 2 – N 1	3.790	11.515	1.820	39	0.022	*0.044
Matching 2	N 3 – N 1	4.927	11.960	1.891	39	0.006	*0.013
Matching 3	N 4 – N 1	9.096	15.179	2.400	39	0.000	*0.001
HMD(N=20)		Matching difference			Degree of Freedom	Significance probability	
		Average	Standard Deviation	Standard error of Average		One-side probability	Two-side probability
Matching 1	N 2 – N 1	3.790	14.020	3.135	19	0.121	0.242
Matching 2	N 3 – N 1	1.516	13.825	3.091	19	0.315	0.629
Matching 3	N 4 – N 1	9.854	19.690	4.403	19	0.019	*0.037
Non-HMD(N=20)		Matching difference			Degree of Freedom	Significance probability	
		Average	Standard Deviation	Standard error of Average		One-side probability	Two-side probability
Matching 1	N 2 – N 1	3.790	8.695	1.944	19	0.033	0.066
Matching 2	N 3 – N 1	8.338	8.833	1.975	19	0.000	*0.000
Matching 3	N 4 – N 1	8.338	9.169	2.050	19	0.000	*0.001

Table 3 Results of a paired-samples t-test for disorientation scores based on the system

Paired samples t-test							
All condition(N=40)		Matching difference			Degree of Freedom	Significance probability	
		Average	Standard Deviation	Standard error of Average		One-side probability	Two-side probability
Matching 1	N 2 – N 1	0.000	25.609	4.049	39	0.500	0.581
Matching 2	N 3 – N 1	-4.872	25.326	4.004	39	0.116	0.231
Matching 3	N 4 – N 1	4.176	33.241	5.256	39	0.216	0.432
HMD(N=20)		Matching difference			Degree of Freedom	Significance probability	
		Average	Standard Deviation	Standard error of Average		One-side probability	Two-side probability
Matching 1	N 2 – N 1	-2.784	33.064	7.393	19	0.355	0.711
Matching 2	N 3 – N 1	-13.920	31.935	7.141	19	0.033	0.066
Matching 3	N 4 – N 1	-1.392	44.913	10.043	19	0.446	0.891
Non-HMD(N=20)		Matching difference			Degree of Freedom	Significance probability	
		Average	Standard Deviation	Standard error of Average		One-side probability	Two-side probability
Matching 1	N 2 – N 1	2.784	15.382	3.439	19	0.125	0.428
Matching 2	N 3 – N 1	4.176	11.154	2.494	19	0.055	0.110
Matching 3	N 4 – N 1	9.744	13.624	3.046	19	0.002	*0.005

Table 4 Overall satisfaction survey questionnaire - about system

Survey questions	Strongly Disagree	Disagree	Slightly Disagree	Slightly Agree	Agree	Strongly Agree
Was the manipulation possible with the expected behavior?						
Did observing the virtual forest feel different from the real forest?						
Would you use the system again in the future?						
Did you feel as if your stress was reduced by using the system?						
Did you feel that the scent from the system was compatible with the real forest?						
Did the scent from the system make you feel less motion sickness?						
Did the wind generated by the system feel appropriate?						
Did you feel that the wind generated by the system reduced your motion sickness?						

Table 5 Multisensory Satisfaction Survey Questionnaire

Survey questions	1	2	3	4
Comments on how the system feels to operate	Control was very poor.	Poor control.	I liked the control.	Very comfortable.
Comments on the wind	Not effective at all in reducing motion sickness.	It was not effective in reducing motion sickness.	It was effective in reducing motion sickness.	It was very effective in reducing motion sickness.
Comments on the scent				
Comments on motion sickness	It was very effective in reducing motion sickness.	I had severe motion sickness.	I didn't get motion sickness.	I did not feel motion sickness at all.

Table 6 Results of an independent samples t-test for the overall satisfaction survey (assuming equal variance)

Independent samples T test						
HMD – non-HMD	T-test for Equality of Means					
	T	Degree of Freedom	Significance probability		Average difference	Standard Deviation difference
			One-side probability	Two-side probability		
Q_1	2.549	38	0.007	*0.015	14.950	5.865
Q_2	-0.147	38	0.442	0.884	-0.900	6.141
Q_3	1.565	38	0.063	0.126	8.400	5.369
Q_4	-2.812	38	0.004	0.008	-18.300	6.508
Q_5	0.699	38	0.244	0.489	5.150	7.366
Q_6	0.558	38	0.290	0.580	4.200	7.532
Q_7	-1.646	38	0.054	0.108	-10.100	6.136
Q_8	-0.639	38	0.263	0.526	-3.200	5.005
Overall satisfaction	0.009	38	0.497	0.993	0.025	2.890

Table 7 Results of an independent sample t-test for the multisensory satisfaction survey (assuming equal variances)

Independent samples T test						
HMD – non-HMD	T-test for Equality of Means					
	T	Degree of Freedom	Significance probability		Average difference	Standard Deviation difference
			One-side probability	Two-side probability		
A_1	2.690	38	0.005	*0.011	0.400	0.19
A_2	0.000	38	0.500	1.000	0.000	0.097
A_3	-2.578	38	0.007	*0.014	-0.650	0.252
A_4	-2.484	38	0.009	*0.018	-0.500	0.201

감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.RS-2023-00254695)

References

- [1] 김광현. (2010). 마음챙김 숲 속 걷기명상이 중년여성의 정신건강에 미치는 영향. *한국명상학회지*, 1(1), 75-97.
- [2] Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G. (1993). Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The international journal of aviation psychology*, 3(3), 203-220.
- [3] Gonçalves, G., Melo, M., Vasconcelos-Raposo, J., & Bessa, M. (2019). Impact of different sensory stimuli on presence in credible virtual environments. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 26(11), 3231-3240.
- [4] Byun, H. G., Lee, H. R., Kim, J. D., & Lee, S. G. (2012, October). Implementation of olfactory interaction between images and smells. In *SENSORS, 2012 IEEE* (pp. 1-4). IEEE.
- [5] Heilig, M. L. (1962). Sensorama simulator. *US PAT. 3,050,870*.
- [6] Max Rheiner. 2014. Birdly an attempt to fly. In *ACM SIGGRAPH 2014 Emerging Technologies*. ACM, 3.
- [7] Dinh, H. Q., Walker, N., Hodges, L. F., Song, C., & Kobayashi, A. (1999, March). Evaluating the importance of multi-sensory input on memory and the sense of presence in virtual environments. In *Proceedings IEEE Virtual Reality (Cat. No. 99CB36316)* (pp. 222-228). IEEE.
- [8] Nakamoto, T., & Minh, H. P. D. (2007, March). Improvement of olfactory display using solenoid valves. In *2007 IEEE Virtual Reality Conference* (pp. 179-186). IEEE.
- [9] Tsai, S. E., Tsai, W. L., Pan, T. Y., Kuo, C. M., & Hu, M. C. (2021, March). Does virtual odor representation influence the perception of olfactory intensity and directionality in vr?. In *2021 IEEE Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)* (pp. 279-285). IEEE.
- [10] Yanagida, Y., Kawato, S., Noma, H., Tomono, A., & Tesutani, N. (2004, March). Projection based olfactory display with nose tracking. In *IEEE Virtual Reality 2004* (pp. 43-50). IEEE.
- [11] Olofsson, J. K. (2014). Time to smell: a cascade model of human olfactory perception based on response-time (RT) measurement. *Frontiers in psychology*, 5, 70552.
- [12] Ranasinghe, N., Jain, P., Thi Ngoc Tram, N., Koh, K. C. R., Tolley, D., Karwita, S., ... & Do, E. Y. L. (2018, April). Season traveller: Multisensory narration for enhancing the virtual reality experience. In *Proceedings of the 2018 CHI conference on human factors in computing systems* (pp. 1-13).
- [13] Yamada, T., Yokoyama, S., Tanikawa, T., Hirota, K., & Hirose, M. (2006, March). Wearable olfactory display: Using odor in outdoor environment. In *IEEE Virtual Reality Conference (VR 2006)* (pp. 199-206). IEEE.
- [14] Lim, D., Lee, Y., Cho, Y., Ryoo, T., & Han, D. (2021). A Study on the Reduction in VR Cybersickness using an Interactive Wind System. *Journal of the Korea Computer Graphics Society*, 27(3), 43-53.
- [15] Park, S., Son, S., Kim, J., & Kim, G. J. (2024, March). The Effect of Directional Airflow toward Vection and Cybersickness. In *2024 IEEE Conference Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)* (pp. 839-848). IEEE.

〈 저자 소개 〉



김 소 희

- 2023 한림대학교 융합소프트웨어학과 학사
- 2022~현재 한림대학교 융합소프트웨어학과 석사
- 관심분야: VR,
- <https://orcid.org/0009-0005-7802-6635>



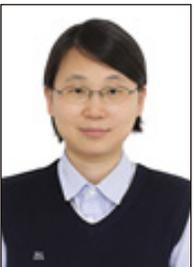
박 영 범

- 2021 한림대학교 융합소프트웨어학 학사
- 2023 한림대학교 융합소프트웨어학 석사
- 관심분야: MR, HCI
- <https://orcid.org/0009-0000-6057-9833>



명 제 원

- 2022 한림대학교 융합소프트웨어학과 학사
- 2024 한림대학교 융합소프트웨어학과 석사
- 관심분야: 가상/증강현실
- <https://orcid.org/0009-0009-4230-5594>



김 선 정

- 1996년 고려대학교 컴퓨터학과 학사
- 1998년 고려대학교 컴퓨터학과 석사
- 2003년 고려대학교 컴퓨터학과 박사
- 2000년 이스라엘 Tel-Aviv 대학교 연구원
- 2004년 독일 RWTH-Aachen 대학교 박사후연구원
- 2005년~현재 한림대학교 융합소프트웨어학과 교수
- 관심분야: 컴퓨터그래픽스, 가상/증강현실, 모바일게임 및 앱 개발
- <https://opruid.org/0000-0002-8663-4578>