

요트 VR 체험에서 데이터 기반의 인공풍이 정적 정서에 미치는 영향¹

조예솔⁰, 이예원, 임도전, 류태동, John Claud Jonas, 나대영, 한다성*

한동대학교

21700690@handong.ac.kr, yeone18@handong.ac.kr, dozen95@handong.ac.kr, tedui@handong.ac.kr,
claudezjohn@gmail.com, soriru@handong.edu, dshan@handong.edu

The Effect of Data-Guided Artificial Wind in a Yacht VR Experience on Positive Affect

Yesol Cho⁰, Yewon Lee, Dojeon Lim, Taedong Ryoo,

John Claud Jonas, Daeyoung Na, Daseong Han*

Handong Global University

요약

자연풍에 의한 감각은 대부분의 사람들이 일상 생활에서 경험하는 가장 흔한 느낌 중 하나이다. 그러나 가상현실 환경에서 자연풍이 어떻게 재현될 수 있는지, 인공풍이 결합된 다감각 콘텐츠가 인간의 정서를 개선하는지에 대한 연구는 거의 수행되지 않았다. 이러한 문제를 다루기 위해, 본 연구는 녹화된 영상 및 바람 데이터를 기반으로 하는 Wind Reproduction VR System 을 제안하고, 이 시스템이 사용자의 정적 정서에 주는 영향을 확인하는 연구를 진행한다. 실험을 위해 요트상에서 360 도 영상과 함께 풍향 및 풍속 데이터를 수집했다. 수집한 데이터는 제안한 시스템을 통해 다감각 VR 환경을 만드는데 사용되었다. 총 19 명의 대학생들이 실험에 참여했으며, K-PANAS(Korean version of Positive and Negative Affect Schedule)를 통하여 참가자들의 정서 변화를 측정했다. 실험 결과, 인공풍이 추가된 요트 VR 콘텐츠 체험 이후 참가자의 ‘영감을 받다’, ‘활기차다’ 정서가 유의하게 증가하였다. 뿐만 아니라, 바람의 유무에 따라 ‘흥미롭다’ 정서가 가장 큰 영향을 받는 것으로 확인하였다. 제안한 시스템은 인터랙티브 미디어, 체험형 콘텐츠와 같은 다양한 VR 응용 프로그램에서 효과적으로 활용될 수 있다.

Abstract

The sense of touch by natural wind is one of the most common feels that every person experiences in daily life. However, it has been rarely studied how natural wind can be reproduced in a VR environment and whether the multisensory contents equipped with artificial winds do improve human emotion or not. To address these issues, we first propose a wind reproduction VR system guided by video and wind capture data and also study the effect of the system on positive affect. We collected wind direction and speed data together with a 360-degree video on a yacht. These pieces of data were used to produce a multisensory VR environment by our wind reproduction VR system. 19 college students participated in the experiments, where the Korean version of Positive and Negative Affect Schedule (K-PANAS) was introduced to measure their emotions. Through the K-PANAS, we found that ‘inspired’ and ‘active’ emotions increase significantly after experiencing the yacht VR contents with artificial wind. Our experimental results also show that another emotion, ‘interested’, is most notably affected depending on the presence of the wind. The presented system can be effectively used in various VR applications such as interactive media and experiential contents.

키워드: 가상현실, 바람, 정서, 인간-컴퓨터 상호작용

Keywords: Virtual Reality, Wind, Emotion, Human - Computer Interaction

¹ 학부생 주저자 논문임

*corresponding author: Daseong Han/Handong Global University(dshan@handong.edu)

1. 서론

현실과 유사한 경험을 제공하는 효과적인 수단으로서, 가상현실(VR: Virtual Reality)은 엔터테인먼트, 군사, 의학, 교육, 건축 등 다양한 분야로부터 주목받고 있다[1]. COVID-19 로 인해 사람들의 일상생활 방식이 급작스럽게 변화된 한편, 비대면 서비스의 수요 증가와 함께 VR 콘텐츠의 수요 역시 증가하였다[2]. 그러나 VR 시스템은 많은 경우 시청각 위주의 콘텐츠를 제공해 왔으며 더욱 현실감 있는 콘텐츠를 개발하는 측면에서는 개선의 여지가 많이 남아있다[3]. 최근에는 더욱 현실감 있는 사용자 경험을 제공하기 위해서 시각과 청각뿐만 아니라 촉각, 후각, 미각 등의 여러 감각이 결합된 다감각의(multisensory) VR 시스템이 제안되고 있다[4-7].

자연풍은 사람들이 일상에서, 특히 야외에 있을 때 가장 일반적으로 느낄 수 있는 자극이다. 따라서 바람에 의해 유발되는 감각이 VR 콘텐츠에 추가될 경우, 경험하는 환경에 대한 사실성을 향상시킬 수 있다. 그러나 VR 환경에서 자연풍을 어떻게 재생성하는지, 재생성한 인공풍 기반의 다감각 콘텐츠가 인간의 정서에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 수집한 바람 데이터를 기반으로 자연의 바람을 재생성하는 방법과, 바람이 추가된 다감각의 VR 콘텐츠 체험이 사용자의 정적 정서에 미치는 영향을 분석하는 것에 초점을 둔다. 본 논문의 Wind Reproduction VR System 은 360 도 카메라를 통해 녹화된 영상을 제공하는 것과 동시에 자연풍의 데이터를 기반으로 한 인공풍을 생성한다. 요트 체험은 일상생활을 벗어나 스트레스 완화를 경험하는 등 참가자에게 심리적으로 긍정적인 효과를 줄 수 있고[8], 참가자가 바람을 쉽게 느낄 수 있기 때문에, 실험을 위한 데이터 수집을 요트상에서 진행하였다. 본 논문은 참가자의 정서에 미치는 영향을 평가하기 위해 총 19 명의 참가자를 대상으로 정서 관련 연구에 폭넓게 사용되는 '한국판 정적-부적 정서 척도(K-PANAS)[9]를 도입하였다.

2. 관련 연구

2.1 바람을 이용한 다감각 VR 환경

VR 환경에서 풍력 장치를 이용하여 현존감(presence)[10-12] 및 몰입감(immersion)[13]을 높이거나, 사이버 멀미를 경감[14, 15]하는 등의 다양한 연구가 이루어지고 있다. 이 중에서도 본

논문은 사용자의 정서 상태에 초점을 두어 VR 환경에서 풍력 장치를 통해 사용자 경험이 향상하는지를 살펴본다.

기존 다른 연구들과 달리 본 논문에서는 사실적인 자연풍을 재생성하기 위해 360 도 영상 촬영과 함께 자연의 바람 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 기반으로 인공풍을 생성하였다. 이를 통해 VR 환경에서 바람을 추가하는 것이 사용자의 정서 상태에 어떠한 영향을 주는지를 분석한다.

2.2 VR 콘텐츠에 대한 사용자 정서 측정

정서의 구조를 설명하는 대표적인 모델로서 개별 정서 모델, 평가 모델, 차원 모델이 있다. 이 중 가장 전통적인 모델은 개별 정서 모델로서 정서를 '슬픔', '분노', '기쁨'과 같은 개별 정서로 나누는 이론이다[16]. 이 모델에서는 개인이 특정한 상황을 마주할 때 그에 따른 정서가 유발된다고 가정한다. 이 이론을 기반으로 하는 VR 환경에서의 정서 관련 연구는 많은 경우 주관적인 평가 방식을 사용하며, 종종 Geneva Emotion Wheel (GEW), Positive and Negative Affect Schedule (PANAS), Differential Emotions Scale (DES), Emotion Annotation and Representation Language (EARL), Visual Analogue Scale (VAS) 같은 문항을 사용한다[17].

Dey 외(2018)는 위의 문항 중 일부를 사용하여 지각된 심박수 피드백이 사용자의 정서에 미치는 영향을 분석하였다[18]. 실험에서 참가자들은 다섯 차례 각각 다른 VR 환경을 체험하였는데, 첫 시행을 제외한 다른 시행에서는 참가자들에게 심박수 피드백이 조작되었다는 것을 알리지 않고 $\pm 30\%$ 범위에서 이를 조작하였다. 각 시행 이후 참가자의 주관적인 정서 반응을 측정하기 위해 각각 개별 정서 모델과 차원 모델을 기반으로 하는 문항인 PANAS 와 Self-Assessment Manikin (SAM)[19]이 사용되었다. 실험 결과, 심박수 피드백에 따라 사용자의 정적 정서와 부적 정서에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그러나 심박수가 +15% 혹은 -15%만큼 조작된 경우에는 PANAS 문항의 하위 항목인 'Interested', 'Excited', 'Scared', 'Nervous', 'Afraid' 정서에서 유의한 차이가 나타나는 것을 확인하였다. 이 연구와 유사하게, 본 연구에서는 바람의 존재를 독립변수로 설정하고 사용자의 정서를 종속변수로 두었다. 또한 PANAS 문항을 사용하여 사용자의 콘텐츠 체험에 따른 정서 변화를 통계적 과정을 통해 분석한다.

2.3 정적 정서의 잠재적 이점

정적 정서는 정보 기억과 같은 인지적인 구조화나 사회적 자원을 구축하는 등의 사회적 행동에 영향을 미치며, 더 나은 창의적 사고 수행에 도움을 주기도 한다[20]. 더욱이, 스트레스가 많은 상황에서 정적 정서의 경험은 심리적 휴식을 제공하며 대처 전략을 지속할 수 있도록 돕는다[21]. 그 외에도

정적 정서는 신체 건강의 회복과 면역 체계가 정상적으로 작동하는 데에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[22, 23].

이와 같은 정적 정서를 유발하는 활동으로서 레저 활동을 포함하는 레크리에이션이 영향을 미칠 수 있는데[24], 정적 정서가 유발되는 레크리에이션 활동을 통해 치매 환자의 삶의 질이 향상되었다는 연구 결과가 있다[25].

이와 같은 연구 결과는 정적 정서가 증가하는 활동이 신체적, 정서적인 개선 효과와 같은 잠재적인 이점을 제공할 수 있다는 것을 시사한다. 따라서, 본 연구는 인공풍이 결합된 요트 VR 콘텐츠가 사용자의 정적 정서에 미치는 영향을 파악함으로써 이와 같은 경험이 공간의 제약을 넘는 레저 활동으로서 기능할 수 있는지에 대한 가능성에 대해 논한다.

3. Wind Reproduction VR System

본 논문은 360도 영상과 함께 자연풍을 포착하고, 이를 VR 환경에서 재현하는 Wind Reproduction VR System을 제안한다. 이 시스템에 대한 실험에서는 바람을 명확하게 느낄 수 있는 요트 체험 VR 콘텐츠를 사용한다. 이러한 콘텐츠가 주어지면, 시스템을 구성하는 하드웨어와 소프트웨어는 사용자에게 인공풍 및 시청각 정보를 제공하여 현실감 있는 요트 환경을 재현한다. 이 단락에서는 시스템에 대한 전체적인 구성을 제시하고, 시스템의 하드웨어와 소프트웨어의 구현에 대해 설명한다.

3.1 시스템 개요

본 시스템은 기능적으로 데이터 수집 컴포넌트와 VR 경험 컴포넌트로 구성된다. 데이터 수집 컴포넌트에서는 360도 카메라와 윈드 캡처 장비를 통해 영상과 바람 데이터를 수집한다. 윈드 캡처 장비는 바람의 세기를 측정하기 위한 풍속계와 바람의 방향을 0도에서 360도까지의 16단계로 나눠 측정하는 풍향계로 이루어져 있다.

VR 경험 컴포넌트에서는 머리 장착형 디스플레이(HMD: Head-Mounted Display) 장치를 착용한 사용자에게 수집한 360도 영상을 제공하는 동시에, 여러 대의 선풍기를 통해 인공풍이 생성된다. 이때, 기록된 풍속 데이터에 따라 PD (proportional-derivative) 컨트롤러에 의해 선풍기로부터 발생하는 바람 속도가 제어된다. 선풍기는 Figure 3과 같이 반원 모양으로 배치되어 있으며, 각 시간마다 기록된 풍향에 따라 선풍기가 선택적으로 작동된다.

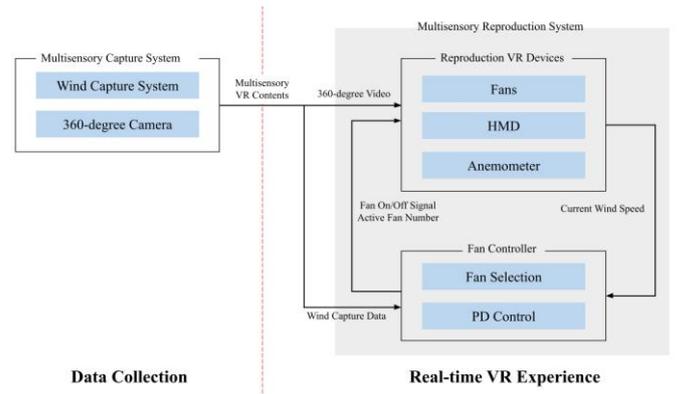


Figure 1. System overview of the Wind Reproduction VR System.

3.2 하드웨어 설계

하드웨어 측면에서 본 시스템은 Multisensory Capture System과 Multisensory Reproduction System으로 구성된다.

3.2.1 Multisensory Capture System

Multisensory Capture System은 풍향계와 풍속계(Figure 2 참조), 메모리 카드 모듈, 타이머 모듈, 아두이노를 포함하는 윈드 캡처 장비와 360도 카메라로 구성되어 영상과 2차원 평면상에서의 풍속, 풍향 및 계측 시점을 수집하여 기록한다.



Figure 2. An anemometer (left) and a wind vane (right).

바람의 세기는 풍속계를 사용하여 측정한다. 풍속계의 많은 종류 중, 3개의 컵이 120도 간격으로 배치되어 수평으로 원을 그리는 풍속계를 선택했다(Figure 2에서 왼쪽 장치 참고). 장치의 기계적 특성으로 인해 측정 가능한 최소 바람의 세기는 0.67m/s이다. 바람의 방향은 풍향계를 사용하여 측정한다(Figure 2에서 오른쪽 장치 참고). 본 시스템의 풍향계는 22.5°의 간격으로 16개의 방향을 측정할 수 있게 제작되었다(N, NNE, NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW, SW, WSW, W, WNW, NW, NNW).

아두이노에는 타이머 모듈과 메모리 카드 모듈이 연결된다. 타이머 모듈은 데이터가 실시간으로 캡처되는 시점을 추적하는데 사용되며, 이렇게 캡처된 시점들은 바람을 재생성하는 과정에서 바람 데이터와 영상 데이터를 동기화하는데 사용된다. 메모리 카드 모듈은 아두이노가 처리하는 모든 데이터를 저장하는데 사용된다. 메모리 카드에

저장되는 데이터는 날짜, 시간, 분, 초 형식의 시간과 풍속 및 풍향이 포함된다. 이러한 데이터는 0.25초 간격마다 메모리에 저장된다. 360도 카메라로는 'PIXPRO 360 4K'를 사용했으며, 영상의 해상도는 3840x2160(4K)이다.

3.2.2 Multisensory Reproduction System

Multisensory Reproduction System은 바람을 재생성하는 아두이노, 릴레이 모듈, 선풍기와 VR 환경을 제공하는 HMD(Oculus Quest 2) 장비로 구성된다(Figure 3 참조). 여기서, 아두이노, 릴레이 모듈, 선풍기는 Multisensory Capture System으로 기록된 바람 데이터를 인공풍으로 재생성하는 역할을 한다. 이 시스템은 사용자가 여러 각도에서 바람을 느낄 수 있도록 6개의 선풍기(EF-2080)들로 구성되어 있다. 선풍기는 AC 전압(교류)으로 작동하지만, 아두이노는 DC 전압(직류)을 사용하는 전기적 특성 차이로 인해 아두이노에 연결된 릴레이 모듈(Figure 4 참조)이 PD 컨트롤러를 통해 선풍기의 전원(ON/OFF) 상태를 제어하기 위해 사용된다.



Figure 3. Multisensory Reproduction System.

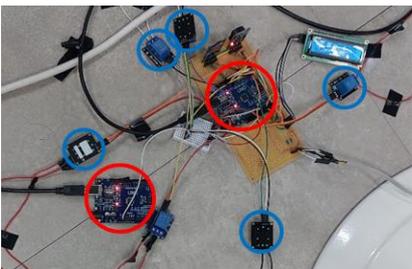


Figure 4. Arduino and relay modules marked by red circles and blue circles, respectively.

3.3 소프트웨어 설계

수집한 360도 영상 데이터를 VR 콘텐츠로 만들기 위해 Unity 2019.4.23f1을 사용했다. 이후 유니티 엔진 기반의 콘텐츠를 Oculus Quest 2 HMD에 연동하기 위해 Oculus Integration 에셋을 사용했고, 아두이노 보드와 유니티 엔진 간의 통신을 위해 Ardity(Arduino+Unity) 오픈 소스 라이브러리를 설치했다. 유니티는 HMD를 통해 영상을 제공하면서 풍속과 풍향 데이터에 따라 6대의 선풍기를 아두이노로 제어한다. 이때, 영상 데이터와 바람 데이터의 시간을 동기화하여 VR 콘텐츠와

인공풍으로 실제 장면을 모방한다.

수집한 바람 데이터에 따라 생성되는 인공풍의 속도를 제어하기 위해 아두이노 보드에 PD 컨트롤러를 적용한다 (자세한 내용은 5.1.3절 참조).

4. 실험

4.1 실험 설계

바람이 있는 환경에서 요트 VR 콘텐츠를 체험하는 사용자의 정적 정서가 증가하는지 검증하기 위하여 참가자의 정서 반응을 콘텐츠 체험 전-후로 측정하는 실험을 진행하였다. 이를 위해 실험 참가자를 두 집단으로 나누어 독립 변수로서 바람의 유무를 역으로 배열하였다(Table 1 참조).

실험 참가자는 두 집단에 무선 배치(random assignment) 되었으며, 각 집단에 대해 첫 시행에서는 바람이 있는 환경(Wind O), 두 번째 시행에서는 바람이 없는 환경(Wind X) 또는 그 역 순서로 각 5분간 두 차례 동일한 VR 콘텐츠를 체험하였다. 요트 콘텐츠 체험 이전과 각 시행 이후에는 참가자의 정서 반응을 K-PANAS를 이용해 측정하였다.

K-PANAS란 한국판 정적 정서 및 부적 정서 척도(K-PANAS: Korea Positive Affect and Negative Affect Schedule)로, PANAS를 한국인의 정서 언어에 맞게 번안하여 발표한 것이다[26]. 본 연구에서는 박홍석과 이정미[9]가 특정 문항의 번역상의 문제를 수정하고 타당화 작업을 거친 PANAS를 사용하였다.

실험 참가자는 20대 대학생으로 한정하였다. 남성 6명과 여성 13명으로 총 19명이었고, 평균 연령은 22.7세이다.

Table 1. Experimental setups according to each participant group.

	Trial 1	Trial 2
Group 1 (N=10)	Wind O	Wind X
Group 2 (N=9)	Wind X	Wind O

4.2 정서 측정 방법

K-PANAS는 정적 정서(Positive Affect)와 부적 정서(Negative Affect)의 2요인 구조로 이루어져 있으며 각 요인에 대한 10개의 문항을 포함하고 있다. 참가자는 자기 보고의 형태로 주어진 문항에 대해 당시 느끼는 상태를 기준으로 응답한다. 각 문항은 5점 Likert 척도이며, 참가자의 정적 정서와 부적 정서의 점수는 하위 문항들의 총합으로 계산하여 최솟값 10점, 최댓값 50점을 갖는다.

이 척도는 정서 측정을 위해 가장 보편적으로 사용되며

신뢰도와 타당성이 검증되었다[9]. 정적 정서의 문항을 통해서 측정하는 특성은 기쁨, 즐거움, 만족이나 행복과 같은 정서이며, 부적 정서의 문항을 통해서 분노, 두려움, 슬픔, 죄책감, 혐오 등을 측정한다. 낮은 정적 정서와 높은 부적 정서 상태는 우울과 불안과도 높은 관련이 있는 것으로 보고되었다[27, 28].

4.3 실험 절차

실험은 참가자당 약 20분 동안 진행된다. 실험에 들어가기에 앞서 참가자에게 진행할 실험을 간략히 설명한 후 실험 데이터 수집에 관한 사전 동의를 받는다. 이어서, 참가자는 바람이 있는 환경과 바람이 없는 환경에서 각각 5분간 요트 VR 콘텐츠를 체험한다. K-PANAS 문항은 참가자의 첫 번째 시행 전후, 두 번째 시행 후로 총 3번 응답받는다. 이후 참가자별로 심층 인터뷰를 진행한다.

4.4 분석 방법

본 연구는 수집한 자료를 SPSS Version 26.0 통계프로그램을 활용하여 분석한다. 연구가설은 유의수준 $\alpha=0.05$ 수준에서 검증하고, 다음 방법으로 데이터를 분석한다.

- (1) 이상치를 제거한 실험 데이터가 정규성을 만족하는지 확인하기 위해 Shapiro-Wilk 검정을 실시한다. 이 결과에 따라 분석 방법을 결정한다.
- (2) 집단 내의 전-후 시행 간 점수 평균의 차가 유의한지 확인하기 위해 대응표본 t 검정을 실시한다.
- (3) 두 집단의 전-후 시행 간 점수 평균의 차가 유의한지 확인하기 위해 독립표본 t 검정을 실시한다. 이는 바람의 유무에 따른 정서의 변화를 확인하기 위함이다.

5. 실험 결과

5.1 구현 상세

5.1.1 하드웨어

바람을 잘 느낄 수 있는 VR 콘텐츠를 제공하고자 ‘요트 체험’ 콘텐츠에 대한 시청각 데이터와 바람 데이터를 Multisensory Capture System으로 수집했다(Figure 5 참조). 여기서, 360도 카메라로 5~10분 동안 촬영을 진행하며, 동시에 풍향계와 풍속계로 풍향 및 풍속 데이터를 수집했다.

요트 체험에서 기록된 풍향 데이터의 범위를 고려하여 Figure 3과 같이 0도(N)에서 150도(SSE)까지 시계방향으로 돌아가며 선풍기 6개를 설치했다. 아두이노 보드는 각각의 릴레이 모듈을 통해 선풍기의 전원을 제어하는데 사용된다(Figure 4

참조). 각 선풍기는 풍속에 대한 연속적인 제어 메커니즘을 제공하지 않기 때문에, 본 시스템은 캡처된 풍속 데이터에 따라 인공풍의 결과 속도를 제어하기 위한 PD 컨트롤러를 사용하여 선풍기의 ON, OFF 주파수를 조절한다.



Figure 5. Wind and 360-degree video capture devices mounted on a yacht.

5.1.2 소프트웨어

수집한 바람 데이터는 0.25초마다 기록된다. 하지만 Multisensory Reproduction System이 바람을 재생할 때 릴레이 모듈을 통해 선풍기의 전원이 공급 및 차단되기 때문에 목표 풍속에 도달하는데 비교적 많은 시간이 소요된다. 이를 해결하기 위해 VR 콘텐츠로부터 바람 데이터를 0.25초가 아닌 6초 간격으로 제공했다. 풍향 데이터는 6초 간격으로 어떤 방향의 선풍기를 작동시킬지 결정하는데 사용되며, 풍속 데이터는 활성화된 선풍기의 속도를 PD 컨트롤러를 통해 목표 풍속으로 제어하는데 사용된다.

5.1.3 PD 컨트롤러

PD 컨트롤러는 기록된 바람 데이터와 선풍기에 의해 생성되는 인공풍 간의 차이를 줄이는 역할을 한다. 풍속계는 6개의 선풍기에서 재생되는 인공풍의 속도를 측정하기 위해 시스템에서 사용자의 위치에 배치된다(Figure 3 참조). 이때, 시스템이 주어진 환경에 맞게 적절히 동작할 수 있도록 수작업을 통해 PD 컨트롤러의 매개 변수들의 값을 조절한다. 인공적으로 생성된 바람의 속도는 풍속계에 의해 실시간으로 측정되고, 자연에서 기록된 바람의 속도 데이터와 비교된다. 결과값의 오차에 비례 상수를 곱하면 오차를 줄일 수 있으며, 바람 데이터의 주기(6초)보다 짧은 4초 주기로 독립적인 피드백을 제공하여 선풍기의 풍속을 제어한다. 즉, 현재 풍속이 목표 풍속보다 낮으면 릴레이 모듈의 전원 공급과 차단 주기를 줄이고, 현재 풍속이 목표 풍속보다 높으면 주기를 높여 풍속을 제어한다. 실험에서, 매개변수 proportional gain과 derivative gain의 값은 각각 0.01과 0.00001로 설정하였다.

5.2 K-PANAS 설문에 대한 통계적 분석

실험을 통해 얻은 데이터 분석과 관련한 논의를 명확하게 하기

위해 세 가지 실험 조건과 두 가지 참가자 집단에 대한 표기 방법을 다음과 같이 나타낸다. ‘첫 시행 전’, ‘첫 시행 후’, ‘두 번째 시행 후’ 실험 조건을 각각 C0, C1, C2로 표기한다. ‘참가자 집단 1’과 ‘참가자 집단 2’를 G1과 G2로 표기한다. 또한, 실험 조건의 변화를 화살표를 통해 다음과 같이 나타낸다:

● C0 → C1: 첫 시행 전의 실험 조건에서 첫 시행 후의 실험 조건으로의 변화를 의미한다. 즉, 요트 VR 콘텐츠를 전혀 체험하지 않은 상태에서 요트 VR 콘텐츠를 처음 체험한 상태로의 변화이다.

● C1 → C2: 첫 시행 후의 실험 조건에서 두 번째 시행 후의 실험 조건으로의 변화를 의미한다. 즉, 요트 VR 콘텐츠를 한 번 체험한 상태에서 인공풍의 조건을 변경한 요트 VR 콘텐츠를 두 번째 체험한 상태로의 변화이다.

통계적 분석을 통해 본 논문에서 제안한 Wind Reproduction VR System이 정적 정서에 미치는 영향에 대한 주요 결과는 다음과 같다:

● 결과1: C0 → C1의 경우, 바람이 제공된 G1과 바람이 제공되지 않은 G2 모두에서 정적 정서는 유의하게 증가한다.

● 결과 2: C0 → C1의 경우, 바람이 제공된 G1에서는 ‘영감을 받다’와 ‘활기차다’ 정서가 유의하게 증가하는 반면, 바람이 제공되지 않은 G2에서는 ‘맑은 정신이다’ 정서가 유의하게 증가한다.

● 결과 3: C0 → C1의 경우, G1과 G2를 비교할 때 바람의 유무에 따라 가장 큰 영향을 받는 정서는 ‘흥미롭다’로 나타난다.

● 결과 4: C1 → C2의 경우, 바람이 제공되지 않은 G1과 바람이 제공된 G2에서 각각 정적 정서가 감소하고 증가하는데 두 집단간의 차이가 유의하다.

● 결과 5: C1 → C2의 경우, 이전 시행과 비교하여 바람이 제거된 G1에서 ‘흥미롭다’, ‘활기차다’, ‘신이 나다’ 정서가 유의하게 감소한다.

● 결과 6: C1 → C2의 경우, 이전 시행과 비교하여 바람이 추가된 G2에서 ‘흥미롭다’ 정서가 유의하게 증가한다.

결과 1은 요트 VR 콘텐츠를 처음 체험하는 경우, 바람이 제공되거나 그렇지 않은 경우 모두 정적 정서가 유의하게 증가한다는 것을 의미한다. 결과 2는 바람의 유무가 서로 다른 각 집단에서 콘텐츠 체험 이후 정적 정서의 하위 항목 중 유의하게 증가한 정서를 의미한다. 결과 3은 정적 정서 하위 항목 중 두 집단 간 평균의 차가 가장 크게 나타난 정서를 의미한다. 결과 4의 경우, 각 집단에서 바람의 조건을 이전 시행의 역으로 하였을 때 두 집단 간 평균의 차가 유의한 것을

의미한다. 결과 5는 첫 시행에서 바람이 제공되었지만 두 번째 시행에서 바람이 제거된 집단에서 정적 정서의 하위 항목 중 유의하게 감소한 정서를 의미한다. 결과 6은 첫 시행에서 바람이 제공되지 않았지만 두 번째 시행에서 바람이 제공된 집단에서 정적 정서의 하위 항목 중 유의하게 증가한 정서를 의미한다.

위 결과에 대한 통계적 분석에 대한 세부 내용은 5.2.1 – 5.2.4에서 설명한다.

5.2.1 K-PANAS 설문 응답에 대한 신뢰도

K-PANAS 설문 문항의 하위 요인별 신뢰도 분석 결과, Cronbach's alpha 계수는 정적 정서와 부적 정서에 대해 각각 .909와 .829로 나타났다.

5.2.2 각 시행의 평균 점수

Table 2, 3은 참가자 19명을 G1과 G2로 나누어 각각 K-PANAS 설문 결과로부터 계산된 정적 정서와 부적 정서의 평균 점수를 보여준다.

Table 2. Mean of K-PANAS score for each trial of G1.

Group 1	C0	C1 (Wind O)	C2 (Wind X)
Positive Affect	29.30	32.80	26.50
Negative Affect	15.20	14.40	13.00

Table 3. Mean of K-PANAS score for each trial of G2.

Group 2	C0	C1 (Wind X)	C2 (Wind O)
Positive Affect	31.44	32.33	34.89
Negative Affect	16.89	15.33	13.22

두 집단의 초기 상태(C0)와 첫 번째 시행(C1)의 정적 정서 점수의 차이를 비교했을 때, 바람이 있는 시행인 G1에서는 정적 정서가 3.5 증가한 반면, 바람이 없는 시행인 G2에서는 0.89 증가한 결과를 보인다. 다음으로, 첫 번째 시행(C1)과 두 번째 시행(C2)의 정적 정서 점수의 차이를 비교했을 때, 바람이 첫 번째 시행에서 제공되고 두 번째 시행에서 제거된 집단 G1은 정적 정서가 6.3이 감소하였다. 반면, 바람이 첫 번째 시행에서는 제공되지 않고 두 번째 시행에서 추가된 집단은 정적 정서가 2.56 증가한 결과를 보인다.

5.2.3 C0 → C1에 대한 정적 정서의 변화

(1) 대응표본 *t*검정

평균 차이를 통계적 검정 방법으로 비교할 때에는 이상치(outlier)를 제외하였다. 이후, 각 집단의 C0과 C1의 점수 차에 대해 대응표본 *t*검정을 수행하였다.

검정 결과, 첫 시행에서 바람이 제공된 집단 1(G1)에서 정적 정서가 유의하게 증가하였다($t = 2.685, p = .028$). 마찬가지로, 집단 2(G2)에서도 C0과 C1에 대한 정적 정서의 평균 차이가 유의하게 나타났다($t = 2.815, p = .026$). 따라서, 첫 시행에서 바람이 제공되지 않은 집단에서도 정적 정서가 유의하게 증가하였다고 할 수 있다.

Table 4. Paired sample *t*-test result of the positive affect score for 'C1 - C0'.

		Positive Affect	
		G1 (N=9)	G2 (N=8)
<i>t</i>		2.685	2.815
95% CI (Confidence Interval)	Lower	0.722	0.380
	Upper	9.501	4.370
<i>p</i>		.028	.026

(2) 독립표본 *t*검정

대응표본 *t*검정에서 두 집단 모두 첫 시행 이후 정적 정서가 유의하게 증가한 결과를 보였기 때문에 두 집단의 평균 차이가 유의하게 다른지 확인하고자 독립표본 검정을 실시했다.

Table 5. Independent samples *t*-test result of the positive affect score for 'C1 - C0'.

		Positive Affect	
		G1 (N=9)	G2 (N=8)
Mean Difference		5.110	2.380
SD		5.711	2.387
<i>t</i>		1.258	
95% CI	Lower	-1.902	
	Upper	7.374	
<i>p</i>		.228	

검정 결과, 두 집단 간 C0과 C1의 평균 점수 차이가 유의하게 나타나지 않았다($t = 1.258, p = .228$). 따라서 첫 시행에서 바람이 제공된 집단과 그렇지 않은 집단의 정적 정서의 차이는 유의하지 않다.

(3) 정적 정서 하위 항목 분석

독립표본 *t*검정 결과에서 두 집단 간 정적 정서의 차이가 유의하지 않았지만, 대응표본 *t*검정에서 두 집단 모두 첫 시행 이후 정적 정서가 유의하게 증가하였다. 따라서 각 집단에서 정적 정서 하위 항목 중 어떤 정서가 유의한 차이를 보이는지 확인하기 위한 추가적인 분석을 진행했다. 분석하고자 하는 모든 항목이 정적 정서의 하위 항목에 포함되므로 이전 검정과 동일한 기준으로 이상치를 처리하였으며, G1에서 1명, G2에서 1명이었다. 분석 결과, 대응표본 검정을 통해 바람이 제공된 G1에서는 '영감을 받다'(1.22 ± 0.83; $p = .015$), '활기차다'(1.000 ± 1.12; $p = .041$)의 결과가 나타난 반면, 바람이 제공되지 않은 G2에서는 '맑은 정신이다'(0.625 ± 0.74; $p = .049$) 정서가 첫 시행 전후로 유의한 차이를 보였다. 또한, 유의한 차이를 보이지는 않았으나 G1에서 '자랑스럽다' 정서는 다음의 결과를 보였으며(1.000 ± 1.41; $p = .054$), '흥미롭다' 정서는 G1에서는 증가한 반면 G2에서는 감소하였다. 이에 대한 독립표본 *t*검정의 *p*-value는 .059였다.

위 결과는 바람이 제공된 환경에서 요트 VR을 체험한 이후 사용자의 '영감을 받다', '활기차다' 정서가 유의하게 증가하였다는 것을 의미한다. 이와 대조적으로, 바람이 제공되지 않은 환경에서는 '맑은 정신이다' 정서가 유의하게 증가하였다. 뿐만 아니라, 독립표본 *t*검정 결과에 따라 정적 정서의 항목 중 '흥미롭다' 정서가 바람의 유무에 따라 가장 큰 차이를 보이는 정서라는 것을 발견하였다.

5.2.4 C1 → C2에 대한 정적 정서의 변화

(1) 독립표본 *t*검정

C1과 C2의 정적 정서 점수 차이를 비교할 때, 극단 이상치($Q3 + 3*IQR$ 초과 혹은 $Q1 - 3*IQR$ 미만)만을 이상치로 처리했다. 이상치로 간주되는 두 명의 참가자들의 데이터가 추가로 있었지만, G2의 표본 수가 충분히 크지 않고 해당 집단이 낮은 표준편차를 보이고 있었기에 이들을 이상치로 처리하지 않았다. 검정 결과, 두 집단 간 C1과 C2의 평균 점수 차이가 유의하게 나타났다($t = -2.777, p = .020$). 따라서, 첫 시행에서 바람이 제공되고 두 번째 시행에서 바람이 제거된 집단과 바람의 제공 순서가 역인 집단에서 두 번째 시행에서의 집단 간 정적 정서의 차이는 유의하다. 이를 통해 요트 VR 콘텐츠를 한번 경험한 사용자는 이전 경험을 기반으로 인공풍의 추가

또는 제거로 인한 정적 정서에 대한 증가 또는 감소를 느끼게 된다고 볼 수 있다.

Table 6. Independent samples *t*-test result of the positive affect score for 'C2 - C1'.

		Positive Affect	
		G1 (N=10)	G2 (N=8)
Mean Difference		-6.300	1.380
SD		8.512	1.768
<i>t</i>		-2.777	
df		9.959	
95% CI	Lower	-13.836	
	Upper	-1.514	
<i>p</i>		.020	

(2) 정적 정서 하위 항목 분석

각 집단에서 정적 정서의 하위 항목 중 유의한 차이를 보이는 정서를 확인하기 위해 추가적인 분석을 진행했다. 분석 결과, 첫 시행에서는 바람이 제공되었으나 두 번째 시행에서 바람이 제거된 G1에서 유의한 차이를 보인 항목은 ‘흥미롭다’(-1.100 ± 0.88; *p* = .008), ‘활기차다’(-1.100 ± 1.2; *p* = .031), ‘신이 나다’(-1.100 ± 1.20; *t* = 2.905, *p* = .017) 였다. 유의한 차이를 보이지는 않았으나 ‘영감을 받다’(-0.800 ± 1.23; *p* = .070), ‘열정적이다’(-0.700 ± 1.16; *p* = .084) 정서가 두 번째 시행 이후 감소하였다. 이와 같은 결과는 바람이 제거된 두 번째 시행에서 참가자의 ‘흥미롭다’, ‘활기차다’, ‘신이 나다’ 정서가 유의하게 감소하였다는 것을 의미한다. 이와 대조적으로, G2에서는 ‘흥미롭다’(0.500 ± 0.53; *p* = .046), ‘신이 나다’ (0.375 ± 0.52; *p* = .080) 결과가 나타났다. 이 결과는 두 번째 시행에서 바람이 추가된 경우 참가자의 ‘흥미롭다’ 정서가 유의하게 증가하였다는 것을 의미한다.

5.3 Open-ended Questions

참가자들에게 K-PANAS 설문을 3회 실시한 후, 자유 형식의 심층 인터뷰를 진행하였다. K-PANAS 설문 결과와 비교하여 인터뷰와 설문에서 동일한 정서를 느끼고 있는지 교차검증하였다.

실험 참여자 19명 중 과반수가 바람이 있는 경우에서의 VR 콘텐츠에 더욱 흥미를 느낀다고 보고하였다. 많은 참가자가 바람이 콘텐츠의 생동감과 재미를 더하는 요소였음을

언급하였고, 바다에 있는 듯 시원함을 느꼈다고 보고하였다. 한 참여자는 바람이 있을 때 실제로 요트를 타고 있는 것 같아 바다에 빠질 것 같은 겁이 났다는 응답을 하기도 했다.

5.4 실험 한계

K-PANAS와 같은 자기 보고형 검사 도구를 사용하는 경우, 일반적으로 주관적 해석의 여지를 보충하기 위해 여러 검사 도구를 병행하고 있다. 하지만 본 연구에서는 참가자의 피로를 고려하여 단일 설문지만을 실험에 사용하였다. 차후 실험에서는 [29]에서 사용된 한국판 기분 상태 검사 ‘K-POMS’ 등의 추가적인 검사 도구를 사용함으로써 결과의 타당성을 보완할 수 있을 것이다.

기존 연구에서는 참가자의 결혼 여부, 성별, 종교, 연령, 학력 수준, 수익 등을 고려하여 결론을 분석한다. 하지만 본 연구에서는 이러한 집단 특성들은 고려하지 않고 진행했다. 실험에 참여한 참가자들은 모두 같은 대학교에 다니는 20대 학생이었으며, 참가자 중 여성의 비율이 높다는 점, 표본 수가 많지 않은 점을 고려해 본 연구의 결과를 일반화하는데 어려움이 있을 수 있다.

본 연구에서는 콘텐츠 체험의 비교 대상이 되는 집단에서 바람의 유무를 역으로 배치하였으나, 대기 집단을 두거나 두 시행에서 모두 바람의 조건을 동일하게 한 집단을 추가한다면 두 번째 시행 이후 실험 결과의 해석을 명확히 할 수 있을 것이다.

6. 결론

본 논문은 자연의 풍경(영상)과 바람의 속도 및 방향 데이터를 수집하고, 이를 VR 환경에서 재생성하는 Wind Reproduction VR System을 제안한다. 설계한 시스템은 자연풍을 인공적으로 생성하고, 실시간으로 계속되는 바람의 속도 피드백에 기반한 PD 컨트롤러를 이용해 바람이 실제와 유사하게 재현되도록 한다. 이 시스템을 통하여 VR 환경에 바람을 추가하는 것이 사용자의 정적 정서에 미치는 영향을 개별 정서 모델에 따라 통계적으로 분석하는 연구를 진행하였다. 이를 위해 19명의 대학생 참가자를 모집하고, 바람이 있는 환경(Wind O)과 바람이 없는(Wind X) 환경으로 총 2번 요트 VR 콘텐츠를 체험하였다. 이때, 참가자를 바람이 재생되는 순서에 따라 바람이 있는 환경에서 체험한 후 없는 환경에서 콘텐츠를 경험한 집단1, 역의 순서로 체험한 집단2로 나누었다.

실험 결과, 두 번의 요트 VR 콘텐츠 경험 중 첫 번째 시행 이후, 바람의 유무와 상관없이 요트 VR 콘텐츠를 경험한 참가자의 정적 정서가 유의하게 증가하였다. 이때, 두 집단 간의 정적

정서의 차이는 유의하지 않았으나 바람이 있는 집단이 그렇지 않은 집단에 비해 체험 이후 참가자의 정적 정서가 더 크게 증가한 결과를 보였다.

두 번째 시행 이후에서는 바람이 제거된 집단과 바람이 추가된 집단의 정적 정서의 차이가 유의하게 나타났다. 이 경우, 비교 대상이 되는 집단이 바람의 유무가 다른 조건에서 한 차례 콘텐츠를 체험했기 때문에 바람의 영향 외의 효과가 반영된 결과일 수 있다. 하지만 한 차례 콘텐츠를 체험한 이후에도 바람이 추가된 집단에서는 정적 정서가 증가하였으나, 바람이 제거된 집단은 정적 정서가 감소하였다. 이러한 결과를 통해 바람이 추가된 VR 환경에서 정적 정서가 더 크게 증가하는 것을 추론할 수 있다.

추가적으로, 정적 정서의 하위 항목에서 유의한 차이를 보이는 정서를 확인하기 위해 추가적인 분석을 진행하였는데, 바람이 있는 환경에서 참가자들의 ‘영감을 받다’, ‘활기차다’의 정서가 유의하게 증가하였다. 이는 심층 인터뷰의 결과에서 유추할 수 있듯이, 바람이 요트 콘텐츠와 결합되어 참가자들에게 시원한 느낌을 제공했다는 것으로 볼 수 있다. 뿐만 아니라 바람의 유무에 따라 두 집단에서 ‘흥미롭다’ 정서가 가장 큰 차이를 보였는데, 이는 Wind Reproduction VR System이 콘텐츠의 흥미를 더하는 요소로 활용될 수 있다는 것을 의미한다.

VR 환경에서 인공풍을 보다 실제와 같이 만들고자 하는 시도에 비해 바람이 사람에게 미치는 영향에 대한 연구는 충분하지 않았다. 더욱이, 이를 통해 사용자의 정서를 향상하려는 시도 역시 부족했다. 그러나 본 연구에서는 인공풍을 수집한 후 재생성하는 새로운 시스템을 제안하고, 이 시스템을 경험한 사용자의 정적 정서가 증가하는 것을 실험을 통해 확인하였다. 제안한 시스템이 가상 환경에서 정적 정서에 영향을 준 결과는 현실의 레저 활동만이 아닌 공간의 제약을 넘는 가상 환경에서의 레저 활동이나 체험형 콘텐츠에 대한 활용 가능성을 시사한다.

제안한 시스템은 인터랙티브 미디어, 체험형 콘텐츠와 같은 다양한 VR 응용 프로그램에서 효과적으로 활용될 수 있다.

6.1 추후 연구

몇 가지 측면에서 본 연구에 대한 개선의 여지가 여전히 남아있다. 먼저, 기술적 측면에서, Wind Reproduction VR System이 생성하는 인공풍이 더욱 실제와 유사할 수 있도록 추후에는 가변 주파수 드라이브(VFD)를 이용하여[30] 선풍기의 속도를 주어진 범위 내에서 연속적으로 변경할 수 있을 것이다. 이 때, 수집한 정량적 데이터에 기계 학습(Machine Learning)[31, 32]을 활용한다면 더욱 정교한 바람을 생성함과 동시에 바람의 방향과 풍속에 따른 정서의 변화를 분석할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 요트 VR 콘텐츠를 체험한 직후 참가자의 정적 정서의 변화만을 분석하였다. 그러나, 정적 정서의 증가가 갖는 잠재적 이점을 고려하여 주기적으로 정적 정서를 높이는 VR 콘텐츠의 반복적인 경험이 여가 활동에서 나타날 수 있는 신체적, 정서적인 개선 효과에 미치는 영향에 대해 분석할 수 있을 것이다.

또한, 부적 정서는 본 연구의 분석에서 제외하였는데, 이는 레크리에이션 활동이 정적 정서와 상관관계가 있다는 기존의 연구에 따른 것이었다. 추후 연구에서는 요트 체험뿐 아니라 다양한 콘텐츠의 유형에 따라 본 시스템이 정적 정서와 부적 정서에 미치는 영향을 모두 확인할 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 과학기술정보통신부의 소프트웨어중심대학 지원사업(2017-0-00130)의 지원을 받아 수행하였음.

References

- [1] N. S. Ali, M. Nasser, "Review of virtual reality trends (previous, current, and future directions), and their applications, technologies and technical issues," *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(3), pp. 783–789, 2017.
- [2] G. M. Kim, J. A. Ahn, "A Study on the Activation of Virtual Space Using Metaverse Zepeto App," *Journal of Cultural Product & Design*, 66, pp. 375-383, 2021.
- [3] J. H. Lee, "A Study on the Revitalization of Virtual Reality-Based Education," *JOURNAL OF THE KOREAN SOCIETY DESIGN CULTURE*, 25(1), pp. 357–366, 2019.
- [4] D. Harley, A. Verni, M. Willis, A. Ng, L. Bozzo, and A. Mazalek, "Sensory VR: Smelling, Touching, and Eating Virtual Reality," *In Proceedings of the Twelfth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction (TEI '18)*, pp. 386–397, 2018.
- [5] M. Azmandian, M. Hancock, H. Benko, E. Ofek, and A. D. Wilson, "Haptic retargeting: Dynamic repurposing of passive haptics for enhanced virtual reality experiences," *In Proceedings of the 2016 chi conference on human factors in computing systems*, pp. 1968–1979, 2016.
- [6] B. Serrano, R. M. Baños, and C. Botella, "Virtual reality and stimulation of touch and smell for inducing relaxation: A randomized controlled trial," *Computers in Human Behavior* 55, pp. 1-8, 2016.
- [7] D. Narciso, M. Bessa, M. Melo and J. Vasconcelos-Raposo, "Virtual Reality for training - The impact of smell on presence, cybersickness, fatigue, stress and knowledge transfer," *2019 International Conference on Graphics and Interaction (ICGI)*, pp. 115-121, 2019.

- [8] R. B. Dieser, C. R. Edginton, and R. Ziemer, "Decreasing patient stress and physician/medical workforce burnout through health care environments: uncovering the serious leisure perspective at Mayo Clinic's Campus in Rochester, Minnesota," *In Mayo Clinic Proceedings*, 92, pp. 1080-1087, 2017.
- [9] H. Park, J. Lee, "A Validation Study of Korea Positive and Negative Affect Schedule: The PANAS Scales," *Korean Journal of Clinical Psychology*, 35(4), pp. 617-641, 2016.
- [10] G. Giraldo, M. Servières, and G. Moreau, "Perception of multisensory wind representation in virtual reality," *In 2020 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, pp. 45-53, 2020.
- [11] A. Lehmann, C. Geiger, B. Woldecke, and J. Stocklein, "Poster: Design and evaluation of 3D content with wind output," *In 2009 IEEE Symposium on 3D User Interfaces*, pp. 151-152, 2009.
- [12] F. Hülsmann, J. Fröhlich, N. Mattar, and I. Wachsmuth, "Wind and warmth in virtual reality: implementation and evaluation," *In Proceedings of the 2014 Virtual Reality International Conference*, pp. 1-8, 2014.
- [13] S. Cardin, D. Thalmann, and F. Vexo, "Head mounted wind," *In proceeding of the 20th annual conference on Computer Animation and Social Agents (CASA2007)*, pp. 101-108, 2007.
- [14] D. Lim, Y. Lee, Y. Cho, T. Ryoo, and D. Han, "A Study on the Reduction in VR Cybersickness using an Interactive Wind System," *Journal of the Korea Computer Graphics Society*, 27(3), pp. 43-53, 2021.
- [15] J. Eijkemans, "Motion sickness in a virtual reality cycling simulation," Bachelor's thesis, University of Twente, 2019.
- [16] T. Song, W. Zheng, C. Lu, Y. Zong, X. Zhang, and Z. Cui, "MPED: A multi-modal physiological emotion database for discrete emotion recognition," *IEEE Access* 7, pp. 12177-12191, 2019.
- [17] R. Somarathna, T. Bednarz, and G. Mohammadi, "Virtual Reality for Emotion Elicitation--A Review," *arXiv e-prints*, arXiv-2111, 2021.
- [18] A. Dey, H. Chen, M. Billingham, and R. W. Lindeman, "Effects of manipulating physiological feedback in immersive virtual environments," *Proceedings of the 2018 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, pp. 101-111, 2018.
- [19] M. M. Bradley and P. J. Lang, "Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential," *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 25(1), pp. 49-59, 1994.
- [20] A. M. Isen, "Positive affect, cognitive processes, and social behavior," *Advances in experimental social psychology*, 20, pp. 203-253, 1987.
- [21] R. S. Lazarus, A. D. Kanner, and S. Folkman, "Emotions: A cognitive-phenomenological analysis," *Theories of emotion*, pp. 189-217, 1980.
- [22] B. L. Fredrickson and R. W. Levenson, "Positive emotions speed recovery from the cardiovascular sequelae of negative emotions," *Cognition & emotion*, 12(2), pp. 191-220, 1998.
- [23] A. A. Stone, D. S. Cox, H. Valdimarsdottir, L. Jandorf, and J. M. Neale, "Evidence that secretory IgA antibody is associated with daily mood," *Journal of personality and social psychology*, 52(5), p. 988, 1987.
- [24] M. P. Lawton, M. S. Moss, L. Winter, and C. Hoffman, "Motivation in later life: personal projects and well-being," *Psychology and aging*, 17(4), p.539, 2002.
- [25] A. S. Schreiner, E. Yamamoto, and H. Shiotani, "Positive affect among nursing home residents with Alzheimer's dementia: the effect of recreational activity," *Aging & mental health*, 9(2), pp. 129-134, 2005.
- [26] H. H. Lee, E. J. Kim, and M. K. Lee, "A validation study of Korea positive and negative affect schedule: The PANAS scales," *Korean Journal of Clinical Psychology*, 22(4), pp. 935-946, 2003.
- [27] D. Watson, A. Clark, and A. Tellegen, "Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales," *Journal of personality and social psychology*, 54(6), pp. 1063-1070, 1988.
- [28] A. Tellegen, "Structures of mood and personality and their relevance to assessing anxiety with an emphasis on self-report," *Anxiety and the anxiety disorders*, pp. 681-706, 1985.
- [29] S. Choi, S. Kim, N. Lee, K. Lee, and H. Ko, "Development of VR Healing Content 'NORNIR' Using Color Therapy," *Journal of the Korea Computer Graphics Society*, 26(3), pp. 143-153, 2020.
- [30] A. Kale, N. R. Kamdi, P. Kale, and A. A. Yeotikar, "A review paper on variable frequency drive," *Int. Res. J. Eng. Technol*, 4(1), pp. 1281-1284, 2017.
- [31] V. Jamuna and S. Reddy, "Modeling and Speed Control of Induction Motor Drives Using Neural Networks," *The Annals of "Dunarea de Jos" University of Galati. Fascicle III, Electrotechnics, Electronics, Automatic Control, Informatics*, 33(1), pp. 40-49, 2010.
- [32] B. O. Omijeh, D. C. Idoniboyeobu, and G. O. Ajabuego, "Artificial Neural Network Based Induction Motor Speed Controller," *International Journal of Electronics Communication and Computer Engineering*, 6(1), 2015.

〈 저자 소개 〉



조 예 솔

- 2017년 한동대학교 입학
- 2022년 8월 한동대학교 ICT 창업학부 졸업 예정
- 관심분야: 디지털치료제, 가상현실치료
- <https://orcid.org/0000-0002-5121-2797>



나 대 영

- 2006년 건국대학교 정보시스템전공 학사
- 2009년 건국대학교 모바일컴퓨팅 이학석사
- 2019년 건국대학교 컴퓨터공학 공학박사
- 2019년 - 현재 한동대학교 GLS학부 조교수
- 관심분야: 스마트팜, 로봇, IoT, 인공지능
- <https://orcid.org/0000-0002-5153-6476>



이 예 원

- 2018년 한동대학교 입학
- 2022년 8월 한동대학교 ICT 창업학부 졸업 예정
- 관심분야: VR/AR, 버추얼 프로덕션
- <https://orcid.org/0000-0002-1264-196X>



한 다 성

- 2006년 광운대학교 컴퓨터공학부 컴퓨터소프트웨어전공 학사
- 2008년 한국과학기술원 전자전산학과 전산학전공 석사
- 2014년 한국과학기술원 전산학과 박사
- 2014년 - 2016년 카이스트 문화기술 연구소 박사후 연구원
- 2016년 - 현재 한동대학교 ICT창업학부 조교수
- 관심분야: 캐릭터 애니메이션, 물리 기반 시뮬레이션, 동작 제어, VR/AR
- <https://orcid.org/0000-0003-1455-5114>



임 도 전

- 2013년 한동대학교 전산전자공학부 입학
- 2019년 한동대학교 ICT창업학부 재입학
- 2022년 8월 한동대학교 ICT 창업학부 졸업 예정
- 관심분야: 캐릭터 애니메이션, 뉴미디어아트, 인간공학
- <https://orcid.org/0000-0002-2050-9205>



류 태 동

- 2018년 한동대학교 입학
- 2021년 현재 한동대학교 재학
- 관심분야: VR/AR, 컴퓨터 그래픽스, 컴퓨터 비전
- <https://orcid.org/0000-0001-6015-6080>



John Claud Jonas

- 2019년 The United African University of Tanzania Computer Engineering and Information Technology 학사
- 2022년 현재 한동대학교 Advanced convergence 석사 과정 재학중
- 관심분야: 인간공학, 임베디드 시스템
- <https://orcid.org/0000-0003-0017-234X>