

비착용식 머리 위치 추적 기술 기반 디지털 아나모픽 작품 전시의 효과성 연구

장 윤 영¹ · 김 주 섭^{2*}

¹서강대학교 아트&테크놀로지학과 석사과정

^{2*}서강대학교 아트&테크놀로지학과 교수

On the Effectiveness of a Digital Anamorphic Art Exhibit based on Head-Tracking Technology without Wearable Devices

Yun-young Jang¹ · Jusub Kim^{2*}

¹Master's course, Department of Art & Technology, Sogang University, Seoul 04107, Korea

^{2*}Professor, Department of Art & Technology, Sogang University, Seoul 04107, Korea

[요 약]

아나모픽 아트는 착시 기반 예술로 감상자에게 확장된 시각 경험을 제공하고 흥미를 불러일으킬 수 있다. 아나모픽 아트는 HMD를 사용하여 VR 아트 작품 형태로 구현될 수 있다. 하지만, HMD 기반의 작품은 사용자에게 관람시 불편함을 주는 제약을 지닌다. 본 논문에서는 비착용식 머리 위치 추적 기술 기반 디지털 아나모픽 작품 전시를 제안하고 그 효과성을 검증하였다. 제안하는 방식은 HMD 버전과 비교하여 관람자의 불편함을 최소화 하며 제한된 물리적 공간에서 아나모픽 작품을 체험하는 경험을 제공할 수 있다. 비착용식 디지털 아나모픽 전시 관람의 효과성을 알아보기 위하여 20~30대 실험 참가자 38명을 대상으로 가상 현존감 및 사용성 부분에서 HMD를 착용한 관람 방식과 비교 평가를 진행하였으며, 제안하는 방식이 사용성을 높이면서도 높은 가상 현존감을 동시에 제공함을 확인하였다.

[Abstract]

Anamorphic art is based on optical illusions that can provide an expanded visual experience to engage viewers. Anamorphic artworks can be realized as VR experiences using head-mounted display (HMD) devices. However, works based on HMDs involve some limitations that can make viewing uncomfortable. In this study, we propose a digital anamorphic display for artwork based on head-tracking technology without a wearable device and verified its effectiveness experimentally. The proposed method minimizes the viewer's discomfort compared to using an HMD and can provide users with an experience of anamorphic artworks in a limited physical space. To investigate the effectiveness of viewing a digital anamorphic exhibition without a wearable device, 38 participants in their 20s and 30s evaluated an experience in terms of virtual presence and usability in comparison to viewing an exhibition with an HMD. The results showed that the proposed method provides high virtual presence with increased usability.

색인어 : 미디어 전시, 시선 방향 검출, 아나모르포즈, 착시 예술, 실감미디어

Keyword : Media Exhibit, Gaze Detection, Anamorphic, Optical Art, Immersive Media

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2023.24.6.1253>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 24 May 2023; Revised 12 June 2023

Accepted 13 June 2023

*Corresponding Author; Jusub Kim

Tel: +82-02-705-7976

E-mail: jusub@sogang.ac.kr

I. 서론

시각예술에서 아나모르포즈(Anamorphose or Anamorphosis) 기법이란 관람자가 이미지를 인식하기 위해서 특정의 위치에서 보거나 거울 같은 특수한 장치를 사용할 것을 요구하는 방식을 의미하며 이러한 기법을 사용한 작품을 아나모픽 아트(Anamorphic Art)라 지칭한다[1].

아나모픽 아트는 착시 기반 예술로 감상자에게 확장된 시각 경험을 제공하고 흥미를 불러일으킬 수 있다. 착시는 실제로 존재하는 것과 다르게 인식되는 현상으로 왜곡을 통한 위장, 확장의 효과를 일으킨다[2]. 창작자는 아나모르포즈 기법을 메시지를 은밀한 방식으로 전달하는 수단으로 사용할 수 있고, 감상자에게는 사용된 작품은 새로운 관람 경험이 된다.

아나모르포즈는 왜곡된 원근법을 이용한 착시 기법으로 이미지 자체에 움직임은 없으나 감상자의 위치와 각도에 따라 다르게 보이는 특징을 가진다. 관람자가 이기법의 작품을 감상할 때 능동적으로 움직이며 보아야 올바른 형태를 인식할 수 있다.

아나모픽 아트는 전통적으로 회화나 설치 작업을 통해 구현되었으나 최근 들어 그래픽스 하드웨어와 소프트웨어 기술의 발전과 함께 가상현실 기술을 중심으로 하는 실감미디어 기술이 발전에 따라 디지털 기술 활용의 새로운 구현이 가능해졌다. 아나모픽 아트는 가상현실 구현을 위해 머리에 착용하는 HMD(Head Mounted Display)를 사용하여 VR(Virtual Reality) 아트 형태로 구현될 수 있다. 이러한 디지털 기반의 전시 방식은 물리적 구현의 한계를 넘어서서 확장된 표현 및 새로운 경험을 제공할 수 있는 여러 이점을 지닌다. 하지만, HMD 기반의 디지털 작품은 관람자가 머리에 착용해야 하는 점, 이동에 제약이 있는 점, 안전에 대한 우려가 있는 점 등의 여러 제약을 지닌다.

본 논문에서는 비착용식 머리 위치 추적 기술 기반의 디지털 아나모픽 작품 전시 방식을 제안하고 그 효과성을 검증하였다. 제안하는 방식은 HMD 버전과 비교하여 관람자의 불편함을 최소화하며 제한된 물리적 공간에서도 아나모픽 작품을 체험하는 경험을 제공할 수 있다. 본 프로토타입에서 감상자는 신체에 접촉하는 장비 없이 전시 공간에서 능동적으로 시점 이동을 하며 아나모픽 작품을 감상한다. 제작한 전시 시스템은 게임 엔진과 컴퓨터 비전 기술 기반으로 실시간으로 관람객 머리 위치 데이터를 수집하여 감상자가 본인의 시선 방향 기반으로 아나모르포즈 기법이 적용된 작품 공간을 감상할 수 있게 한다.

비착용식 디지털 아나모픽 전시 관람의 효과성을 알아보기 위하여 20~30대 실험 참가자 38명을 대상으로 가상 현존감 및 사용성 부분에서 HMD를 착용한 관람 방식과 비교 평가를 진행하였다. 실험 결과, 제안하는 방식이 HMD 방식이 가지는 착용의 불편감, 이동의 제약성, 안전에 대한 우려 등을 없애면서 HMD 버전과 비슷하거나 높은 가상 현존감을 동시에 제공함을 확인하였다.

II. 관련연구

디지털 기술이 발전함에 따라 작품을 전시하는 공간은 물리적인 공간을 넘어 가상현실과 같은 디지털 미디어 공간까지 포함하게 되었다. 게임엔진의 발전으로 실시간 렌더링을 통해 감상자와 상호작용하는 몰입도 높은 가상 현실 구현에 대한 시도가 이루어지고 있으며, 문화예술 분야에서 이를 전시와 접목하는 방향의 연구가 진행되고 있다. 가상의 공간에서는 현실의 시공간 제약을 벗어나므로 가상 세계에 대한 미감은 제작자에게 다른 영역의 감각적 전이를 이끌어낸다[3]. 4차 산업기술로 각광받고 있는 VR, AR 기술은 3차원의 가상 공간을 생성해서 상호 물리적 접촉 없이 다양한 체험을 할 수 있도록 발전하고 있다[4].

현재 실감 미디어의 분야에서 가장 대표되는 가상현실은 일반적으로 머리에 착용하는 HMD와 컨트롤러(리모컨, 보디슈트, 장갑 등)를 착용한 사용자가 컴퓨터가 만드는 세계를 경험하는 방식으로 구현된다. HMD는 사용자가 직접 머리에 착용하는 형태의 장비로 현실의 시야가 차단되고 양안에 설치된 디스플레이를 통해 가상의 이미지에 몰입하게 된다[5]. HMD에 내장된 위치 추적 센서를 통하여 사용자의 시점을 알아내게 되며 그것을 기반으로 실시간으로 이미지를 생성하여 보여줌으로써 사용자는 가상환경 속에 존재하는 듯한 느낌을 경험할 수 있다.

Kadobayashi와 Jozen[5]는 3D 스캐닝을 통하여 대중이 접근하기 어려운 국립 유적지를 3D 가상공간으로 재현하였고 관람객이 실제 공간을 바라보듯 가상의 공간을 관람할 수 있게 하였다. 이러한 가상현실을 이용한 전시는 현실의 공간을 복제하여 구현하여 감상에 있어서의 시공간의 제약을 없애고 그 결과로 많은 사람들이 예술을 향유할 수 있게 하는 장점을 지닌다.

Hayes와 Yoo[6] 연구에서는 360° 영상으로 촬영된 박물관 공간을 VR디바이스를 사용하여 관람하게 하였으며, 관람시 시선 기반의 인터랙션 방법을 제공하였다. 관람객은 큐레이터의 설명을 VR(Oculus)기기의 버튼을 터치하여 정지할 수 있으며 자신의 관람을 통제할 수 있다.

그러나 미국의 큐레이티어이자 비평가 리지너 콘웰(Regina Cornwell)은 고비용과 전문적인 개발 기술이 필요한 VR 기기 사용은 미술 전시에서 실질적으로 접목하기 어려우며, 예술작품을 수용할 수 있는 새로운 가상 공간이 필요하다고 말했다[6]. ‘뉴미디어의 언어’ 저자인 레브마노 비치(Lev Manovich)도 관람자의 얼굴에 디바이스를 착용해야 하므로 신체의 감금, 신체의 고정화를 만들 수 있다고 했다[7]. 이러한 HMD가 가지는 신체적, 물리적인 제약에서 벗어나기 위한 다양한 시도가 있었으며 마이런 크루거(Myron Krueger)는 가상환경 내에서 HMD를 착용하지 않고 상호작용 가능한 미디어 환경을 구현한 바 있으며, 신체의 움직임을 카메라를 통해 수집하고 실시간으로 관람객은 변화하는 영상을 보며 가상공간과 상호작용하며 현존감을 느낄 수 있었다[8],[9].

1991년 시카고 일리노이 대학의 Cruz-Neira 등은 프로젝션 기반의 몰입형 가상현실 공간 ‘CAVE(Cave Automatic Virtual Enviroment)’를 구현하였다[10]. ‘CAVE’는 실시간 모션 트래킹, 3D가상이미지, 서라운드 스테레오를 이용한 가상의 몰입형 공간이다. 가장 먼저 제작된 ‘The Classic CAVE’는 3m×3m×3m 큐브의 형태의 공간으로 관람자의 시점기반으로 영상을 보여준다. 3D안경을 착용하여 입체영상을 관람할 수 있으며 머리에 착용하는 HMD로 가상현실을 체험하는 것보다 신체의 움직임이 자유로워졌다. ‘The Classic Cave’이후 공간의 성능과 관람객 경험의 증진을 위해 ‘StarCave(2008)’과 같은 오각형의 방이나 천장이 존재하는 ‘Corena(2009)’로 디자인을 개선하였으며 베젤이 없는 디스플레이방식 ‘NexCave(2009)’이 나타나게 되었다. University of California-Santa Barbara에 있는 ‘AlloSphere’는 Cave에서 발전된 형태로 대량의 프로젝터 및 입체음향 장비를 사용하여 360도 대형 멀티모달 가상현실을 구현하여 다수의 관람자가 전방위 입체 영상 및 음향을 감상할 수 있다[10]. 최근에는 그래픽 하드웨어의 비약적 발전에 따라 게임엔진의 사실적 리얼 타임 렌더링 기술을 사용하여 실시간으로 관람자의 시점의 방향에 따라 변화하며 관람객이 실제로 공간을 바라보듯 가상의 공간을 관람할 수 있는 방법이 사용되고 있다[11]. 또한, 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 디스플레이 앞에서 있는 관람자의 주시 방향을 추적하여 그에 따라 변화하는 3차원 애니메이션을 제작한 사례도 있었다[12]. 비착용형 시선 기반으로 콘텐츠를 변화시키는 이러한 방식은 다양한 애니메이션 콘텐츠의 가능성을 열고 사람들의 흥미를 이끌 수 있음을 시사하고 있다.

III. 비착용형 머리 위치 추적 기반 아나모픽 아트

본 연구에서는 관람자가 머리에 착용하는 HMD 가상현실 방식의 디지털 아나모픽 아트의 대안으로 비착용형 디지털 아나모픽 아트 형태를 제안하고 그 효과성을 검증하였다. 제안하는 방식은 크게 아나모르포즈 기법이 적용된 가상의 3차원 공간을 제작하는 부분과 카메라 기반 머리 위치 추적 기술을 활용한 실시간 렌더링 및 대형 영상 프로젝션으로 이루어진다.

표 1. 시스템 구성

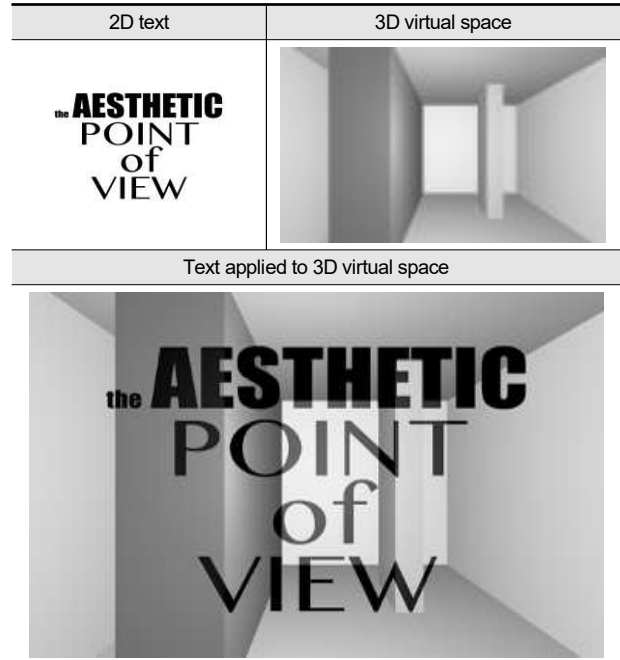
Table 1. System configuration

	Components	Description
1	3D Virtual Space with Anamorphosis Technique	An artist's text message with the anamorphose technique is applied to a 3D virtual space.
2	Non-Wearable Head Position Detection	An audience's head position is tracked using a Kinect sensor in real-time setting the virtual camera parameters.

3-1 아나모르포즈 기법이 적용된 가상 공간 제작

아나모르포즈 기법은 3차원의 공간과 2차원의 평면을 함께 감상하는 착시 기법으로, 2D 이미지를 3D 가상공간 내에 Projective Texture Mapping 기법을 통해 적용함으로써 구현한다. 작가가 전달하고자 하는 텍스트 메시지를 가상의 3차원 공간에 해당 기법으로 적용한 후, 정면에서는 텍스트가 바르게 나타나고 측면에서 바라보았을 때는 텍스트의 왜곡이 두드러지게 나타나게 보이도록 제작한다. 이로써 관람객이 디지털 아나모픽 아트 가상 공간 속에서 흥미를 가지고 능동적인 참여를 하도록 유도한다. 이 텍스트 메시지는 작가가 원하는 다른 2D 이미지로 대체될 수 있다.

표 2. 아나모르포즈 기법이 적용된 3D 가상 공간 제작 이미지
Table 2. 3D virtual space image with anamorphose techniques



3-2 비착용형 시선 방향 검출

머리에 착용하는 HMD 기기 없이 관람객의 시선 방향을 검출하기 위하여 전시장에 관람객이 위치한 3차원 좌표를 전달할 수 있는 카메라를 설치한다. 본 연구에서는 Kinect 센서와 Unity 소프트웨어를 활용하여 프로토타입을 구현하였다. 시스템 구동 순서는 다음과 같다.

- (1) 관람객이 센서(Kinect) 앞에 위치하면 관람객 머리 부분의 3차원 위치 (x, y, z)를 추정한다.
- (2) 실시간 그래픽 엔진 Unity의 가상 카메라 위치를 (1)에서 구한 위치에 정합시킨다.
- (3) 실시간으로 관람객의 시선 방향을 적용한 아나모르포즈 이미지를 전시 공간에 투사한다.

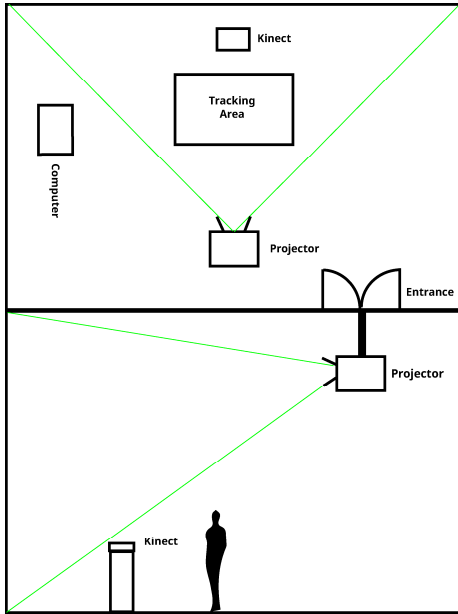


그림 1. 전시 공간 구성
Fig. 1. Exhibition space composition

3-3 비착용형 디지털 아나모픽 아트 관람

비착용형 디지털 아나모픽 아트는 HMD 방식의 디지털 아나모픽 아트와 동일하게 관람자 1인의 시점 방향만을 적용할 수 있으므로 관람 공간에 1명씩만 입장할 수 있다. 관람객에게 보여지는 3D 가상공간 이미지의 크기와 머리 위치 추적을 위한 센서의 인식 가능 범위를 고려하여 관람 가능한 영역을 바닥에 표시하여 하며 관람객은 그 안에서 자유롭게 이동하며 관람을 하게 된다.

IV. 실험

4-1 실험방법

본 연구에서는 비착용형 디지털 아나모픽 아트 전시 관람의 효용성을 검증하기 위해서 SNS 광고 등을 통해서 20~30대 40명의 실험 집단을 섭외했다. 그중 VR 디바이스 착용 경험(최소 1회 이상) 있는 38명을 선정하여 실험을 진행하였다.

비착용형 프로토타입과 기존의 가상현실 기반의 전시에서 자주 사용되는 착용 방식의 HMD 버전과 비교 관찰할 수 있도록 실험을 설계했으며 두 가지 형태의 관람 비교평가에서 순서의 효과를 줄이기 위해 역균형화(Counter Balancing) 방법을 사용했다. 18명은 비착용형 프로토타입으로 아나모픽 아트를 먼저 감상한 후 HMD 기반의 아나모픽아트를 감상하였고, 나머지 20명은 반대의 순서로 진행하였다. 각 버전을 경험 한 후 설문 문항을 작성하는 방식으로 실험 참가자 1인

당 두 번의 설문에 응답하였다.

머리 위치 추적 기술을 접목한 아나모르프즈 예술의 디지털 관람 효과를 파악하기 위해서 Witmer & Singer의 가상공간 내의 현존감 측정 척도(Witmer & Singer.1998. Ver2.0)[13]와 현존감 측정 요소(Witmer & Singer.2005. Ver3.0)[14]의 설문 문항을 사용하였다. 또한 1998년 국제표준(ISO) 사용성 지침[15]에 기반하여 전반적인 효과성, 효율성, 만족도 평가를 진행하였다.

표 3. 설문 문항 (현존감)

Table 3. Questionnaire (presence)

Property	Question
Virtual Presence	1. Involvement: Were you able to control your body to watch virtual exhibitions? (2.0-Q1) (3.0-Q1)
	2. Involvement: Did the image response of the virtual exhibition show up correctly when watching while moving the body? (2.0-Q2) (3.0-Q2)
	3. Involvement: Was the interaction between the body and the virtual exhibition natural? (2.0-Q3) (3.0-Q3)
	4. Involvement: How interactive was the visual involved in viewing virtual exhibitions? ((2.0-Q5) (3.0-Q4)
	5. Involvement: Was it natural to control your virtual environment? (3.0-Q6)
	6. Adaptation: Were you able to anticipate what would happen when you were watching while moving your body? (2.0-Q13)
	7. Involvement: Was it impressive to walk around the virtual environment? (2.0-Q18) (3.0-Q14)
	8. Involvement : Were you able to observe the virtual exhibition in detail? (2.0-Q19) (3.0-Q15)
	9. Interface quality: Were there delays in body movements and responses to virtual exhibitions? (2.0-Q25) (3.0-Q19)
	10. Adaptation: Have you adapted quickly to viewing virtual exhibitions? (2.0-Q26) (3.0-Q20)
	11. Adaptation: Did you feel like you've become good at watching at the end of the virtual exhibition? (2.0-Q27) (3.0-Q21)
	12. Adaptation: Was there a moment when you completely focused, forgetting that time was passing? (3.0-Q28)
	13. Adaptation: Have you adapted easily to devices or controls to interact with your virtual environment? (3.0-Q31)

표 4. 설문 문항 (사용성)
Table 4. Questionnaire (usability)

Property	Question
Effectiveness	1. Effectiveness: Was the aesthetic experience possible through virtual exhibition viewing?
	2. Effectiveness: Has your understanding of the Anamorphose exhibition improved?
Efficiency	3. Efficiency: Was it convenient to experience the digital Anamorphos Exhibition?
Satisfaction	4. Satisfaction: Was it interesting to experience the exhibition?
	5. Satisfaction: Would you like to revisit the exhibition in the future?
	6. Satisfaction: Did you feel a sense of accomplishment through the virtual exhibition?

비착용형 프로토타입: 비착용형 프로토타입을 사용한 실험에서는 깊이 측정이 가능한 센서(Kinect)를 공간의 중심에 설치하고 가로 12m x 높이 6m의 벽면에 대형 프로젝션으로 아나모르프즈 기법이 적용된 가상 공간을 투사하고 관람객의 머리 위치를 추적하여 시점 변화에 따른 영상을 보여주었다. 센서(Kinect)의 측정 가능 범위와 3D모델링된 가상 공간의 특성을 고려하여 가로 3m x 세로 2m의 영역을 표시하고 1명씩 공간에 들어와서 관람하는 방식으로 진행하였다.

HMD 방식: HMD를 사용한 실험은 HTC VIVE사의 HMD를 사용하여 아나모르프즈 기법이 적용된 동일한 가상공간을 관람객이 1명씩 체험하는 방식으로 진행하였다.

실험을 참여하기 전에 실험 참가자들은 실험에 대한 간략한 설명과 아나모르프즈에 대한 개념을 듣고, 두 개의 버전을 일정 시간 간격을 가지며 체험하였다. 참여자들은 각 버전을 체험한 직후 현존감의 하위 요소인 참여몰입성(Involvement), 적응성(Adaptation/Immersion), 인터페이스(Interface Quality) 항목과, 사용성의 하위 요소인 효과성(effectiveness), 효율성

(efficiency), 만족도(Satisfaction)에 대해 7점 리커트 척도로 설문 조사에 응답하였다.

4-2 실험 결과

1) 정량 결과

비착용형 프로토타입으로 먼저 체험한 후 HMD로 체험한 집단과 HMD로 먼저 체험을 하고 비착용형 프로토타입으로 체험한 집단간 동질성 검사를 먼저 실시하였다. 성별과 나이, 체험형 전시 경험에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 따라서 두 집단을 동일 집단으로 간주하였다.

표 5. A, B그룹의 나이, 성별, 체험형 전시 경험에 대한 동질성 검증

Table 5. Homogeneity testing for counterbalancing group A and B in age, gender and experiential exhibit

	Group A (N = 18)	Group B (N = 20)	P
Age (years)	25.89	26.35	.699
Gender			.880
Male	5 (27.8)	6 (30.0)	
Female	13 (72.2)	14 (70.0)	
Experiential Exhibit			.485
Yes	16 (88.9)	19 (95.0)	
No	2 (11.1)	1 (5.0)	

*Group A: Prototype→VR HMD; Group B: VR HMD → Prototype

전체 참가자 38명을 대상으로 현존감과 사용성 평가를 실시한 결과, 현존감 평가에 있어서 HMD 버전보다 비착용형 프로토타입에서 참여 몰입성(Involvement) 부분이 통계적으로 유의하게 높게 나타났다. (t(37)=2.80, p=.008). 사용성 평가에서는 HMD 버전 보다 비착용형 프로토타입에서 효과성, 효율성, 만족도 모두에서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다(t(37)=3.77, p=.001; t(37)=4.55, p<.001;t(37)=4.75, p<.001).



그림 2. 실험에 사용된 비착용형 프로토타입에서 감상자가 바라봤을 때의 가상 공간 이미지 (정면, 우측, 좌측)
Fig. 2. Virtual space image from different viewpoints(front, right, left) of the audience in the non-HMD prototype version

표 6. 비착용형 프로토타입과 HMD 버전간 대응 표본 t-검정 결과

Table 6. Paired t-test results between the non-HMD prototype and HMD version

	All participants (N = 38)				
	non-HMD	HMD	t	p	dF
Virtual Presence					
Involvement	5.79 ± 0.84	5.35 ± 0.82	2.80	.008**	37
Adaptation	5.67 ± 1.01	5.38 ± 0.86	1.59	.119	37
Interface quality	5.71 ± 1.51	5.26 ± 1.77	1.54	.133	37
Usability					
Effectiveness	5.95 ± 0.80	5.28 ± 1.19	3.77	.001**	37
Efficiency	5.54 ± 1.45	4.08 ± 1.55	4.55	<.001***	36 ¹⁾
Satisfaction	5.80 ± 0.91	4.92 ± 1.22	4.75	<.001***	37

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

1) Efficiency 해당 설문 문항에 응답하지 않은 1명 분석에서 제외.

2) 정성 결과

비착용형 머리 위치 추적 기술을 적용한 프로토타입으로 디지털 아나모픽 아트를 관람한 실험참가자들의 긍정적인 의견은 크게 두 가지로 분류되었다. 첫째, 착용형 방식과 비교하여 관람객과 이미지 사이에 별도의 인터페이스가 느껴지지 않기 때문에 대다수의 감상자가 신체의 자유도가 높아졌다고 느꼈으며, 그에 따른 감상에서 오는 편리성이 감상의 몰입을 증진하고 흥미를 높였다고 보고하였다.

“VR디바이스와는 다르게 디지털과 실제 공간을 자연스럽게 연결해 놓아서 신체적 자유도가 훨씬 높았다. 그 덕분에 상호작용성 또한 더 크게 느껴졌고 아나모르포즈에 대한 흥미가 올라간 것 같다.”(31세/ 남)

“장비의 무게나 구조로부터 오는 답답함이 없어서 몸을 자유롭게 쓰고 편하게 뛰고, 앉고 하는 게 가능하고 실제처럼 잘 반영되는 점이 좋았다. 여러 감각들이 더 자연스러운 상태에서 체험이 가능한 것 같다.”(30세/ 여)

“제가 보고자 하는 구석의 공간이나 몸 전체를 움직이는 동작을 하면서 좀 더 편안함을 느꼈다. 아나모르포즈 아트를 관람할 때 어떤 각도나 좀 더 크게 시선을 움직이면서 보아야 관람에 즐거움이 있을 것 같은데 시선 방향 검출 기능이 적용된 프로토타입이 VR HMD보다 훨씬 큰 동작이 가능했기 때문에 좋았다.”(28세/ 여)

“별도의 기기가 없어도 바로 작품을 감상할 수 있어서, 몰입감이 높았다. VR은 시각 장치와 작품과 관람자 사이에 걸쳐있는 느낌이었지만, 이 작품은 바로 작품과 관람자 사이가 연결되는 느낌이 들어 인상 깊었다.”(34세/ 남)

“머리를 컨트롤러로 사용하고 있음에도 불구하고, 자신의 머리

가 컨트롤러라고 인식하지 않아도 된다는 점. 또한 컨트롤러를 손에 들거나 하지 않았기 때문에 온전하게 작품에 집중할 수 있다. 실제 물건을 관찰할 때처럼 머리를 움직이면 다른 각도를 볼 수 있기 때문에 자연스러웠다.”(26세/ 여)

둘째, 비접촉식 머리 위치 추적을 통한 미적 체험이 관람 흥미를 높였다고 보고하였다. 감상자 신체의 움직임을 반영하여 스스로 참여할 수 있게 한다는 점이 실제 물리적 형태로 존재하는 아나모픽 전시와는 다른 색다른 경험과 흥미를 제공해 주었다고 보고하였다.

“실제에선 당연하지만 디지털에서 나의 위치를 파악해서 화면이 바뀐다는 것이 실제 조형을 관람할 때와 비교해 특이한 경험이었다.”(22세/ 여)

“몸을 직접 움직이면서 이미지를 완성시키는 게 재밌었다.”(25세/ 여)

“신체와 작품/공간이 상호작용이 원활하게 이루어지는 느낌이 들었다. 앞서 관람한 VR 을 이용한 감상과 비교하여 작은 움직임도 쉽게 잡아서 변화가 빠른 느낌. 더 흥미를 느끼고 활발히 움직여 볼 수 있었다. 전시 감상을 지루하다고 느끼는 관심이 없는 어린이들이나 미술 비전공자나 전시 감상에 어려움을 겪는 사람들도 쉽게 참여할 수 있을 것이다.”(29세/ 여)

부정적인 의견으로는 전반적으로 사람 시선 방향 트래킹 영역의 범위가 넓어졌으면 좋겠다는 의견이 많았으며, 시선 방향 기반의 관람 방식이 초반에는 낯설었다는 의견도 존재했다.

V. 논의

실험을 통해 비착용식 디지털 아나모픽 관람 방식이 사용성을 높이면서도 높은 가상 현존감을 동시에 제공함을 알 수 있었다. 비착용식 기술을 적용하여 아나모르포즈 전시를 감상했을 때, 실험 대상자는 감상자와 작품 사이의 인터페이스가 존재하지 않고 자연스럽게 연결되었다고 느꼈다. 신체에 착용하는 장비가 없어 사용성이 높아지고 안전에 대한 우려도 없어져 감상자는 HMD를 착용한 감상보다 더 적극적으로 신체를 움직이며 능동적으로 참여할 수 있었던 것으로 보인다. 그에 따라 관람객들은 HMD를 통한 관람보다 이미지를 감상하는 데에 더 집중할 수 있었을 것으로 추측할 수 있다. 따라서, 실험 결과에서 가상 현존감 하위 항목인 참여 몰입성(Involvement) 항목에서 유의미하게 차이가 난 것은 좋아진 사용성이 자연스러운 상호작용을 유발하고 그에 따라 작품 감상에 더 몰입하게 유도했을 것으로 추측할 수 있다.

본 연구는 VR 사용 경험이 있었던 20대 및 30대를 대상으로

진행되었기에 디지털 디바이스나 미디어 사용에 익숙하지 않은 사람들과 다른 연령대의 사람에게 결과를 일반화할 수 없다. 또한 본 실험에서는 단편의 공간 이미지로 실험을 진행하여 시간성이 존재하는 미디어 공간에서의 영향에 대해서는 알아보지 못했다.

VI. 결론

본 논문에서는 비착용식 머리 위치 추적 기술을 적용한 디지털 아나모픽 아트 전시 방식을 제안하고 그 효과성을 검증하였다. 비착용식 머리 위치 추적 기술 기반 디지털 아나모픽 작품은 관람자의 불편함을 최소화 하며 제한된 물리적 공간에서 아나모픽 작품을 체험할 수 있게 제공하는 것을 특징으로 한다.

본 연구에서는 평면의 벽에 프로젝션을 사용하여 아나모르포즈 기법을 적용한 가상의 3차원 공간을 투영하고 실시간으로 감상자의 머리 위치를 추적하여 가상 카메라의 시점에 반영함으로써 감상자가 마치 아나모르포즈 기법이 적용된 실제 3차원 공간을 감상하는 것과 유사한 경험을 하도록 하였다. 본 방식이 관람자에게 미치는 영향을 알아보기 위하여 20~30대 38명에 대하여 동일한 아나모픽 아트 작품을 HMD로 구현한 버전과 비교 실험을 진행하였다. 실험 결과 제안한 방식을 이용한 관람이 HMD를 머리에 착용하고 이용한 관람보다 사용성의 모든 요소에서(효과성(Effectiveness), 효율성(Efficiency), 만족도(Satisfaction)) 통계적으로 유의하게

높게 나타났으며 가상 현존감의 세 가지 하위 요소 중 참여 몰입성(Involvement) 부분도 통계적으로 유의하게 높게 나타남을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 제안하는 디지털 아나모픽 관람 방식은 관람객의 불편함을 최소화 하면서도 HMD로 관람하는 방식과 유사하거나 부분적으로는 더 높은 현존감을 제공한다고 할 수 있다. 제안하는 방식은 예술 작품 뿐 아니라 광고, 엔터테인먼트 등 다양한 분야에서 응용될 수 있을 것이다.

본 논문에서 진행한 실험에서 참여자들은 시점을 변화시키는 행위 외에도 손으로 가상 공간을 만져보거나 점프를 하는 등의 행위를 보였다. 향후 연구과제로 디지털 아나모픽 전시에서 시선 변화 외 다른 인터랙션의 추가가 관람자의 감상 경험에 어떤 영향을 미칠지에 대한 후속 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Encyclopaedia Britannica. Anamorphosis [Internet]. Available: <https://www.britannica.com/art/anamorphosis-art>.
- [2] Y. Ju, A Study on Teaching Method of Drawing Optical Illusion-Involving Anamorphosis, Master's Thesis, Pusan

National University, Busan, August 2015.

- [3] S. Y. Shin, "Exploring the Perception of Exhibitions through Online Contents," *Bulletin of Korean Society of Basic Design & Art*, Vol. 22, No. 6, pp. 273-284, December 2021. <https://doi.org/10.47294/KSBDA.22.6.18>
- [4] D.-H. Yoo, "A Study on New Experiences of Spatial Contents that Accommodates Unchanging Human Desires in Corona Coexistence Age," *The Journal of Culture Contents*, No. 20, pp. 51-88, December 2020. <http://dx.doi.org/10.34227/tjocc.2020..20.51>
- [5] R. Kadobayashi, M. Chikama, T. Jozen, and S. Shijomo, "Public Presentation of Japanese Historic Sites Using 3D Tiled Display," in *Proceedings of 2013 Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)*, Marseille, France, pp. 375-378, February 2014. <https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2013.6744784>
- [6] J. Hayes and K. Yoo, "Virtual Reality Interactivity in a Museum Environment," in *Proceedings of the 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '18)*, New York: NY, pp. 1-2, November 2018. <https://doi.org/10.1145/3281505.3281620>
- [7] L. Manovich, *The Language of New Media*, Cambridge, MA: The MIT Press, 2002.
- [8] M. W. Krueger, "Environmental Technology: Making the Real World Virtual," *Communications of the ACM*, Vol. 36, No. 7, pp. 36-37, July 1993. <https://doi.org/10.1145/159544.159563>
- [9] M. W. Krueger, T. Gionfriddo, and K. Hinrichsen, "VIDEOPPLACE—An Artificial Reality," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '85)*, New York: NY, pp. 35-40, April 1985. <https://doi.org/10.1145/317456.317463>
- [10] Y. Ryu, K. H. Kim, A. Cabrera, J. Kuchera-Morin, S. Jeong, and E.-S. Ryu, "360-Degree Video Streaming System for Large-Scale Immersive Displays," *Journal of Broadcast Engineering*, Vol. 27, No. 6, pp. 848-860, November 2022. <https://doi.org/10.5909/JBE.2022.27.6.848>
- [11] T. DeFanti, D. Acevedo, R. Ainsworth, M. Brown, S. Cutchin, G. Dawe, ... and G. Wickham, "The Future of the CAVE," *Open Engineering*, Vol. 1, No. 1, pp. 16-37, March 2011. <https://doi.org/10.2478/s13531-010-0002-5>
- [12] S. Park, A Study on the Realization of Digital Character Room Using Technology Based on Recognition of User's Direction, Master's Thesis, Myongji University, Yongin, August 2019.
- [13] B. G. Witmer and M. J. Singer, "Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire,"

Presence, Vol. 7, No. 3, pp. 225-240, June 1998.

<https://doi.org/10.1162/105474698565686>

- [14] B. G. Witmer, C. J. Jerome, and M. J. Singer, "The Factor Structure of the Presence Questionnaire," *Presence*, Vol. 14, No. 3, June 2005.

<https://doi.org/10.1162/105474605323384654>

- [15] ISO(International Organization for Standardization), Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs) — Part 11: Guidance on Usability, ISO, Geneva, Swiss, ISO 9241-11, March 1998.



장윤영(Yun-young Jang)

2017년 : 국민대학교 (예술학사 - 회화)

2020년 : 서강대학교 대학원 (예술공학석사-아트&테크놀로지)

※ 관심분야 : 미디어아트, 몰입형 전시, 실감 미디어



김주섭(Jusub Kim)

2000년 : 연세대학교 (공학사-전자공학)

2002년 : 연세대학교 대학원 (공학석사-전자공학)

2008년 : 미국 메릴랜드대 대학원 (공학박사-컴퓨터공학)

2008년~2012년: 미국 Rhythm & Hues Studios

2012년~현 재: 서강대학교 아트&테크놀로지 학과 교수

※ 관심분야 : 휴먼컴퓨터인터랙션, 컴퓨터이셔널 미디어