The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT)
Vol. 8, No. 3, pp.167-173, May 31, 2022. pISSN 2384-0358, eISSN 2384-0366

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2022.8.3.167

JCCT 2022-5-20

시선 추적기법을 활용한 시선 유도와 사이버 멀미 관계 연구

A study on the relationship between gaze guidance and cybersickness using Eyetracking

이태구*, 안찬제**

LeeTaeGu*, AhnChanJe**

요 약 가상현실 시장의 규모는 해마다 성장하고 있으나 가상현실에서 일어나는 사이버 멀미는 아직까지 해결되지 않고 있다. 본 논문에서는 가상현실 콘텐츠에서 일어나는 사이버 멀미와 시선 유도와의 관계에 대해 실험을 통해 결과를 도출하였다. 시선추적기법을 활용하여 시선의 움직임이 사이버 멀미와의 관계를 파악하였다. 시선 유도가 사이버 멀미에 영향을 미치는지 알아보기 위해 두 그룹으로 나누어 실험하였다. 또한 사이버 멀미가 성별에 따라 다른 결과를 보이는지 확인하기 위해 두 그룹을 나누어서 결과를 분석하였다. 사이버 멀미를 측정하기 위해 SSQ설문을 사용하여 분석하였다. 두 가지 방법을 통해 시선 유도와 사이버 멀미와의 관계를 파악하고자 하였다. 실험의 결과 명확한 시선의 유도가 시선의 집중이 일어나게 하였으며 카메라의 회전을 통한 사이버 멀미에 효과가 있는 것으로 나타났다. 사이버 멀미를 완화하기 위해서는 시선 유도연출을 통해 시선의 집중을 하게 하는 것이 사이버 멀미에 효과가 있는 것으로 확인되었다. 이 결과가 가상현실을 이용해서 제작하려는 제작자들에게 사이버 멀미를 완화할 수 있는 하나의 방법으로 사용되어 콘텐츠 제작에 도움이 되기를 기대한다.

주요어 : 시선 추적, 시선 유도, 사이버 멀미, 가상현실, 콘텐츠

Abstract The size of the virtual reality market is growing every year, but cybersickness that occurs in virtual reality has not been resolved yet. In this paper, results were derived through experiments on the relationship between cybersickness and gaze guidance occurring in virtual reality contents. Using eye tracking technique, the relationship of gaze movement with cybersickness was identified. The experiment was divided into two groups to find out whether visual induction affects cyber sickness. In addition, the results were analyzed by dividing the two groups to check whether cyber sickness showed different results according to gender. We also analyzed using the SSQ questionnaire to measure cybersickness. We tried to understand the relationship between gaze guidance and cybersickness through two methods. As a result of the experiment, it was found that the induction of a clear gaze caused the concentration of the gaze, and it was effective in cybersickness through the rotation of the camera. In order to alleviate cyber sickness, it has been confirmed that concentrating one's eyes through gaze-guided production is effective for cyber sickness. It is hoped that this result will be used as a way to alleviate cyber sickness for producers who want to use virtual reality to produce content.

Key words : Eyetracking, Gaze guidance, Cybersickness, Virtual Reality(VR), Contents

Ⅰ. 서 론

1. 연구 배경 및 목적

오늘날 가상현실은 HMD(Head Mounted Display)의 발달로 인해 기기의 가격의 하락하였으며 이로 인해 사용자들은 가상현실에 대해 이전보다 접근하기 용이

*정회원, 부산대학교 디자인학과 교수 (제1저자)
**정회원, 고신대학교 융합디자인학과 외래강사 (교신저자)
접수일: 2022년 3월 31일, 수정완료일: 2022년 4월 15일
게재확정일: 2022년 4월 20일

Received: March 31, 2022 / Revised: April 15, 2022
Accepted: April 20, 2022
**Corresponding Author: chanstudio3d@gmail.com
Dept of Convergence Design, Kosin University

해졌다. 기존의 HMD는 PC와 선이 연결되어 있는 것이 특징적이었지만 오큘러스 퀘스트2(Oculus Quest2)의 출시로 PC와 연결하는 선이 없는 HMD가 나오면서 불편함을 해소하였다. 가상현실의 하드웨어적인 연구는 지속적으로 되고 있으며 기존에 가상현실에 접근하기 불편했던 부분들을 해소해 나가고 있다.

전 세계 가상현실 시장은 2020년 61억 2,700만 달러에서 연평균 성장률 27.9%로 증가하였고, 2025년에는 209억 3,100만 달러에 이를 것으로 전망된다.[1] 가상현실 시장은 계속해서 성장할 것이라는 전망을 알 수 있다. 그중에서도 반몰입형과 완전 몰입형은 2018년 73억 1,840만 달러에서 연평균 성장률 34.14%로 증가하여 2024년 426억 4,90만 달러에 이를 것으로 전망되며 비몰입형은 2018년 5억 8,420만 달러에서 연평균 성장률 23.19%로 증가하여 2024년에는 20억 4,210만 달러에 이를 것으로 전망된다 [1]. 하지만 완전 몰입형인 HMD를 착용하고 콘텐츠를 시청하는 경우 발생하는 사이버 멀미의 경우 아직까지 명확하게 해결방법이 나오지 않았다. 이로 인해 HMD를 착용하고 가상현실을 체험하는 것에 대한 불편함은 해소되지 않았고, 이를 하드웨어적인 연구가 아닌 콘텐츠적인 측면에서 연구는 부족한 실정이다.

본 논문은 콘텐츠적인 측면에서 사이버 멀미를 줄일 수 있는 방법을 연구하기 위해 시선의 움직임을 추적하여 사이버 멀미와의 관계를 알아보고 완화되는지 규명하는 것을 목적으로 하였다.

II. 이론적 배경

1. 사이버 멀미

사이버 멀미는 가상현실 기기인 HMD를 사용할 때 멀미를 하는 것과 유사한 증상이 나타나는 것이다 [2]. 사이버 멀미는 멀미의 하위 형태 중 하나로 인간의 움직임 지각과 깊은 관련이 있으며 그중에서도 주로 시각 요소에 의해서만 유도 되며 [3], 이를 시각 자극에 의한 멀미(Visually Inducedmotion Sickness, VIMS)라 부른다고 하였다 [4]. HMD를 통해 몰입형으로 가상현실을 체험하게 될 때 다른 감각보다는 시각이 주로 사용된다. 일반적인 멀미는 진동, 관성 등 전정감각으로 들어오는 정보가 주원인이나 사이버 멀미는 시각에 의해 멀미가 일어나며 창백해짐, 땀, 침분비, 두통, 구토감, 방향 감각상실, 자세 불안정 등의 증상이 나타난다 [5]. 사이버 멀미의 원인은 아직까지 명확하게 밝혀지지 않았으며 주된 원인은 3가지로 알려져 있으며 감각갈등이론, 자세 불안정성 이론, 정지좌표계 이론이다. 그중에서도 감각갈등이론이 주된 요인으로 꼽힌다.

감각갈등이론은 시각에 의해 발생되고 '움직이고 있다'는 감각인 벡션(Vection)과 전정감각에 의해 발생하는 '정지되어 있다'는 감각이 충돌하면서 경험을 바탕으로 예상과 어긋날 때 발생하는 것이다 [6].

2. 시선추적기법

시선추적기법은 피실험자의 안구 움직임 정보를 시선추적장치를 통해서 살펴보는 것이다. 피실험자들로부터 추출한 데이터의 수치는 평균값이기 때문에 시선이 대상에 고정된 빈도, 시간, 순서 시선의 이동 횟수 등 시선 정보의 데이터를 정량화하여 다양하게 활용할 수 있다 [7]. 얻을 수 있는 데이터는 어텐션맵(Attention Map), AOI(Area of Interests), 게이즈플롯(Gaze Plot), 비닝차트(Binning Chart)가 있다. 본 논문에서는 히트맵과 게이즈플롯을 사용하여 분석하였다. 히트맵은 어텐션 맵의 하나로 시선에 대한 결과를 나타내주는 분포도로 포커스맵(FocusMap)과 함께 어텐션맵의 일부로 나눌 수 있다 [8]. 히트맵은 관심영역이 색으로 표현되고 보통 하늘색에서 연두색, 적색순으로 시선이 머문 시간이 길다는 것을 뜻한다 게이즈플롯은 스캔패스(ScanPath)라고도 불리며 시선이 지나간 궤적을 보여준다. 피실험자의 시선이 머문 시간에 따라 원의 크기가 달라지고 원들을 선으로 이어서 응시 순서를 파악할 수 있게 해준다 [9].

아래의 표 1은 4 가지의 분석방법에 따른 내용과 활용을 정리한 것이다.

표 1. 시선추적의 분석방법
Table 1. Analysis method of eyetracking

분석 방법	내용	활용
어텐션 맵 (Attention Map)	히트맵도 포함, 실험 이미지에서 응시의 집중도와 전체 분포를 표시함	전체적인 실험 이미지의 집중도 도출
AOI	사용자 지정, 분석 영역	설정 영역의 주목도 및 집중도 도출
게이즈 플롯 (Gaze Plot)	실험 이미지에서 시선의 움직임 경로와 멈춤을 재생, 표시함	피험자의 시선 흐름 경로와 정지를 실시간으로 확인
비닝 차트 (Binning chart)	AOI 영역 데이터 통계, 정해진 시간 동안 AOI영역별 분포를 초 단위로 표시 함	1초 단위로 시선의 영역 통계를 확인

3. 사이버 멀미 관련 연구

그림 1은 머리의 회전으로 인한 화면 움직임에 대한 축을 설명한 그림이다.

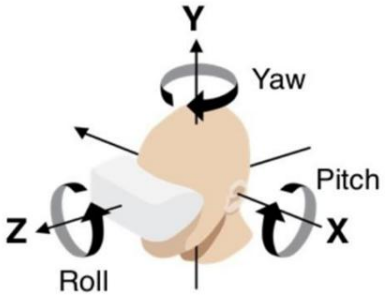

그림 1. 가상현실의 회전축 [10]
Figure 1. axis of virtual reality rotation

사이버 멀미에 대한 실험 중 화면의 움직임에 대해 실험한 연구가 있으며 화면의 축을 기준으로 Pitching, Rolling, Yawing으로 나누어 실험하였다.

실험의 연구결과로는 Yawing축의 회전이 멀미도가 제일 심한 것 [11]. 으로 나타났지만 다른 연구결과에서는 Roll이 제일 심한 것으로 나타났다 [12]. 화면의 움직임에 의한 사이버 멀미는 유발되지만 특정 회전축에서 심하다는 것은 아직 명확하지 않다. <Help>작품에서 분석된 시선 유도 연출연구에서 시선의 움직임과 사이버 멀미에 대한 관련성 연구결과 시선이 고정되는 장면에서 시선이 고정되지 않은 장면보다 사이버 멀미 측정 결과가 더 낮은 것으로 나타났다 [13]. 이러한 결과를 토대로 기존의 작품이 아닌 실험 영상을 사용하여 실험하여 결과를 도출하려고 한다.

III. 실험 및 결과

앞선 연구를 통해 시선을 유도하는 요소를 확인하고 선정하여, 시선 유도 요소의 유무를 기준으로 실험군과 대조군으로 나누어서 실험하도록 하였다. 앞선 선행 연구들에서 시선 유도 요소로는 공통적으로 물체의 움직임, 빛, 캐릭터의 시선, 음향이 시선을 유도하는 요소라고 하였다 [14]. 시선 유도를 위해서 시선 유도 요소를 기준으로 영상을 제작하였다.

실험에 사용된 HMD는 HTC사의 Eye-Tracking이 가능한 ViveProEye를 사용하여 시선을 추적하였다. 실험에 사용한 HMD는 해상도가 각 안구 당 1440*1600이며, 시야각은 110도, 주파수는 90hz이다. 시선 데이터 출력 주파수는 120hz, 정확도는 0.5~1.1이며 추적 가능한 시야는 110도이다. 시선 추적을 분석하는데 사용한 프로그램은 Tobii Pro Lab을 사용하여 히트맵(HeatMap)과 게이즈플롯(GazePlot)을 추출하여 분석하였다.

피실험자 총 28명 중 사이버 멀미를 느끼지 못하는 인원을 제외하고 22명이 참여하였다. 그중 남성의 비중은 12명(54.5%)이었고 여성은 10명(45.5%)으로 구성하여 진행하였다. 피실험자들의 연령대는 20대 초반을 대상으로 진행하였다.

1) 제작과정

VR 컨텐츠를 개발하는 경우 자체적으로 개발엔진을 제작하기도 하지만 시간과 비용의 문제로 상용엔진을 활용하는 것이 일반적 추세이며, 현재 가장 널리 사용되는 상용엔진은 유니티(Unity) 엔진과 언리얼(Unreal) 엔진이다 [15, 16].

개발환경은 Unity5에서 제작하였으며 PC버전에서 사용할 수 있도록 미리 렌더링을 하였다. PC버전의 HMD를 착용하여 시청할 수 있도록 제작하였으며 영상의 크기는 4096 * 2048로 제작하였다. 초당 프레임은 60프레임으로 렌더링하였다. 제작한 영상은 하늘에서 시작하여 아래로 카메라가 이동하였다가 다시 공중으로 올라오는 움직임을 하도록 제작하였다. 카메라의 이동속도는 10m/s으로 설정하였다. 이같은 이유는 카메라가 이동하는 속도가 직선 운동일 때 3.0m/s에서부터 60.m/s까지의 범위 안에서 10.0m/s가 가장 심한 멀미 증상을 보였고 이후에는 일정하거나 오히려 증상이 감소하는 경향을 보였다는 연구결과가 있다 [17]. 그림 2는 VR영상에서 상,하의 움직임을 알아보기위해 경로를 나타낸 것이다.

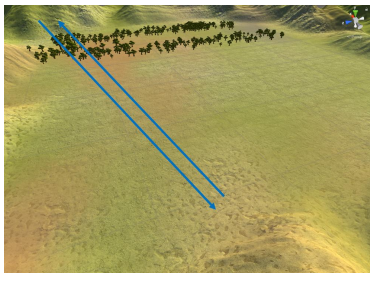

그림 2. 영상의 진행 방향
Figure 2. direction of image progression

사이버 멀미는 카메라의 움직임으로 인해 일어난다는 연구결과들이 있다 [18, 19]. 그중 카메라의 상, 하의 움직임이 있도록 연출하여 대조군과 실험군을 나누어 제작하였다. 영상의 카메라 움직임은 처음에 하늘에서 시작하였다가 땅에 도달하면 다시 원래 위치인 하늘로 돌아오는 식으로 제작하였다.

대조군에서는 카메라의 회전이 있을 때 시각적인 시선 유도 요소가 없도록 제작하였으며, 피실험자들은 고개의 회전과 시선의 움직임을 통해 가상현실 공간을 돌아볼 수 있도록 하였다.

실험군에서는 카메라의 움직임이 있을 때 시선 유도 요소를 통해 시선이 머무를 수 있도록 제작하였다. 피실험자들이 고개의 회전과 시선의 움직임에는 제약을 두지 않고 제작하였다. 또한 카메라의 방향이 바뀌기 전에 시선 유도 요소가 움직일 방향을 미리 예측할 수 있도록 먼저 움직이도록 제작하였다. 그림 3은 시선 유도요소로써 빛을 이용하였다.

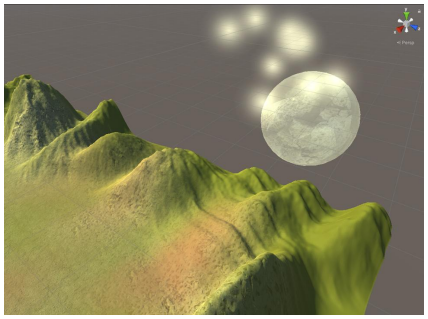

그림 3. 시선 유도요소
Figure 3. gaze-inducing element

2) 사이버 멀미 측정

사이버 멀미를 측정하기 위해서 SSQ 설문을 사용하여 멀미도를 측정하였다. SSQ 설문지는 총 16개의 문항으로 이루어져 있으며 증상의 정도에 따라 0~3점까지 4개의 문항으로 이루어져 있다. SSQ설문지는 하위 척도로 세 가지 변인을 사용하며 메스꺼움(Nausea), 안구운동불편(Oculomotor), 방향감각상실(Disorientation)의 변인이 있으며 각각의 변인 중 높은 점수일수록 사이버 멀미가 심한 것으로 볼 수 있다 [20]. 점수가 20점 이상이면 불편함을 느낀 것으로 판단한다.

피실험자들은 대조군과 실험군 두 개의 콘텐츠를 각각 30분의 간격을 두고 시청하도록 하였다. 하나의 콘텐츠를 시청하고 나서 SSQ설문지를 작성하도록 하였다.

실험은 대조군과 실험군 영상을 시청하고 설문을 작성하도록 하였다. 카메라 상, 하 움직임에 대한 실험을 대조군, 실험군으로 나누어서 진행하였다.

3) 실험 결과

카메라 상, 하 움직임에서 히트맵 결과에서 차이점이 있는 것으로 나타났다. 대조군의 히트맵에서는 붉은 영역이 넓게 나타났고 시선의 움직이 한 곳으로 응집되지 않는 것으로 나타났다. 고개의 회전과 더불어 시선의 움직임이 집중되지 못하고 시점이 바뀐 것을 확인할 수 있었다. 실험군의 경우 시선 유도 요소인 빛의 움직임에 시선이 고정되어 다른 곳으로 시선이 이동하지 않는 것을 알 수 있다. 히트맵에서 붉은 지역이 일관적으로 시선유도 요소에 있는 것을 확인할 수 있었다.

그림 4는 대조군의 히트맵으로 시선의 경로가 넓게 퍼져있는 것을 확인 할 수 있다 [21].

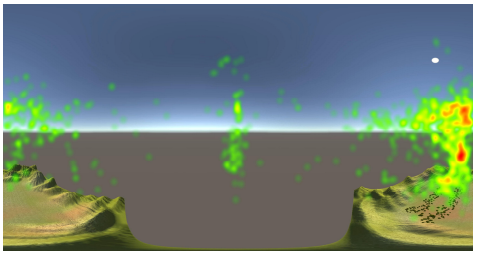

그림 4. 대조군의 히트맵
Figure 4. Heatmap of control group

그림 5는 실험군의 히트맵으로 그림 4의 대조군 히트맵과 비교했을 때 시선 유도 요소에 시선이 응시 된 것을 확인할 수 있다.

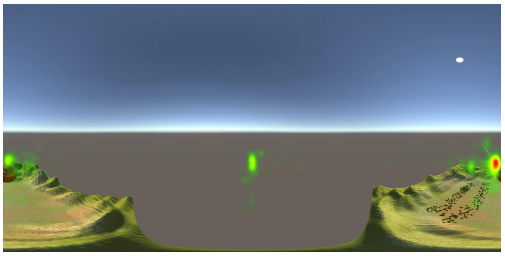

그림 5. 실험군의 히트맵
Figure 5. Heatmap of experimental group

그림 6은 대조군의 게이즈플롯으로 시선의 경로를 나타낸다. 시선의 경로가 피실험자들이 일정하지 않고 시선의 고정이 이루어지지 않은 것을 알 수 있다.

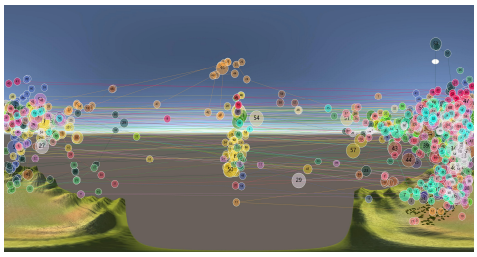

그림 6. 대조군의 게이즈플롯
Figure 6. Gazeplot of control group

그림 7은 실험군의 게이즈플롯으로 그림 6보다 시선의 흐름이 일정하고 시선 유도 요소에 모여있는 것을 알 수 있다.

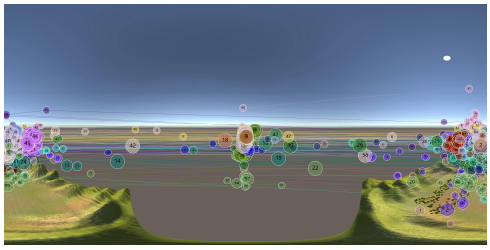

그림 7. 실험군의 게이즈플롯
Figure 7. Gazeplot of experimental group

카메라 상, 하 움직임에 대한 대조군과 실험군의 게이즈플롯을 분석 결과 히트맵에서는 나타나지 않은 미세한 시선의 경로를 파악할 수 있다. 실험군의 경우 영상의 시작 지점인 가운데 부분을 제외하고는 시선 유도 요소에 시선의 흐름이 일정하게 있는 것을 확인 할 수 있다. 대조군의 경우 영상의 시작 지점인 가운데 부분을 제외하고 시선의 경로가 실험군에 비해 피실험자들의 시선이 넓게 분포되어 있는 것을 확인 할 수 있었다.

카메라 상, 하 움직임에 대한 대조군과 실험군에 대한 SSQ 설문지의 결과는 다음과 같다 [22].

표 2는 대조군의 결과값이다. 대조군에서 방향감각상실(D), 안구운동불편(O), 메스꺼움(N) 순으로 점수가 높았다. 그중에서도 방향감각상실은 평균이 제일 높은 68.96이 나왔다.

표 2. 대조군의 결과값
Table 2. Result value of control group

N		O		D	
평균	표준 편차	평균	표준 편차	평균	표준 편차
29.92	17.73	46.16	25.82	68.96	48.31

표 3은 실험군의 결과값이다. 실험군에서도 점수가 높은 순서는 대조군과 같았다. 다만 대조군에 비해 점수가 낮은 것으로 나타났다. 메스꺼움의 경우 대조군은 평균 29.92인데 반해 실험군은 10.40으로 19.52의 차이를 보였으며, 안구운동불편의 경우 대조군이 46.16이며 실험군은 18.95로 27.21의 차이가 나타났다. 가장 큰 점수가 나타났던 메스꺼움은 대조군이 68.96이며 실험군은 26.57로 42.39의 차이가 나타났다.

표 3. 실험군의 결과값
Table 3. Result value of experimental group

N		O		D	
평균	표준 편차	평균	표준 편차	평균	표준 편차
10.40	10.57	18.95	17.77	26.57	37.18

종합점수로 비교했을 때는 대조군이 53.04이고, 실험군이 20.57이며 32.47의 차이가 나타났다. 실험군의 점수가 대조군에 비해 전체적인 점수에서 낮게 나타났으며 이것은 사이버 멀미가 완화되었다고 볼 수 있다. 하지만 20점 이상인 점수는 사이버 멀미가 일어났다고 판단하는 SSQ에서는 여전히 사이버 멀미가 없는 영상은 아닌 것으로 나타났다.

실험에 대한 남녀의 차이를 SSQ설문의 결과값으로 분석 하였다. 표 4는 대조군을 성별에 따른 기준으로 나누어 실험한 결과값이다. 방향감각상실(D) > 안구운동불편(O)> 메스꺼움(N)순으로 점수가 높았다.

표 4. 대조군 성별에 따른 결과값
Table 4. Results according to the gender of the control group

성별	N		O		D	
	평균	표준 편차	평균	표준 편차	평균	표준 편차
남	30.21	13.99	46.74	21.15	67.28	9.66
녀	29.57	22.23	45.48	31.75	70.99	20.16

표 5. 실험군 성별에 따른 결과값
Table 5. Results according to the gender of the experimental

성별	N		O		D	
	평균	표준 편차	평균	표준 편차	평균	표준 편차
남	11.92	11.59	18.95	18.14	25.52	33.48
녀	8.58	9.48	19.95	18.30	27.84	43.02

표 5는 실험군의 결과값으로 대조군과 마찬가지로 방향감각상실(D) > 안구운동불편(O)> 메스꺼움(N)순으로 점수가 높았다.

종합적으로 볼 때 남녀의 카메라 상, 하 움직임에 대한 결과값의 차이는 크게 차이나지 않는 것으로 나타났다. 대조군과 실험군의 실험결과 남녀 모두 실험군의 결과가 낮게 나타났다. 방향 감각상실의 경우 남성은 대조군에서는 67.28의 평균 결과값이 나왔지만, 실험군에서는 25.52의 결과값이 나왔다. 25.52의 경우 SSQ 설문에서 20점이 넘으면 사이버 멀미가 유발된 것으로 보지만 수치가 낮아진 것을 확인 할 수 있었다. 여성의 경우 70.99에서 27.84로 나타났다. 사이버 멀미를 SSQ 설문의 대조군 종합점수 결과값은 남성이 52.98, 여성은 53.10으로 차이는 미미하였다. 실험군의 SSQ설문 종합점수에서는 남성이 20.88, 여성이 20.19로 비슷한 점수가 나온 것을 확인하였다. 성별에 의한 사이버 멀미도의 차이는 미미하였으며 실험군에서 사이버 멀미가 감소하는 점에서는 공통적으로 결과값에 나타났다.

Ⅳ. 결 론

가상현실의 사이버 멀미 요인은 하드웨어적, 사용자의 특성, 콘텐츠적 측면으로 나누어 계속해서 연구되고 있다. 이중에서 본 논문은 콘텐츠적 측면에서 시선 유도를 통해 사이버 멀미를 완화할 수 있도록 연구하였다.

본 논문에서는 가상현실 콘텐츠에서 시선 유도와 사이버 멀미와의 관계를 실험을 통해 파악하고자 하였다. 시선 유도를 통한 피실험자들의 시선의 움직임을 파악하기 위해서 시선추적기법을 사용하였고, SSQ를 통해 사이버 멀미를 측정하였다. 선행 연구를 통해 시선 유도요 소를 알아보고 실험에 적용하여 시선을 집중할 수 있도록 배치하여 실험 영상을 제작하였다. 사이버 멀미가 일어날 수 있는 환경을 선행 연구의 결과를 통해 파악한 후 시선 유도 요소 유무의 차이를 두어 비교하였다. 카메라의 회전을 통한 사이버 멀미가 일어나는 환경을 만들었으며, 실험 결과 시선 유도를 통한 시선의 집중이 사이버 멀미의 완화와 관계가 있는 것으로 나타났다. SSQ설문을 통해 나온 결과는 시각적인 시선 유도요소가 없는 가상현실 영상보다 시각적인 시선 유도요소가 있는 가상현실 영상이 메스꺼움(N), 안구의 불편감(O), 방향감각 상실(D)의 3가지 측면에서 전부 멀미가 완화된 것으로 나타났다. 히트맵과 게이즈플롯을 분석결과 시선 유도요소가 있는 가상현실 영상에서는 없는 영상보다 시선의 움직임이 시선 유도 요소에 집중되어 있는 것으로 나타났으며, 시선 유도 요소가 없는 영상에서는 시선의 움직임이 집중되지 않고 넓게 퍼져있는 것을 확인하였다. 성별에 따른 사이버 멀미 차이점을 알아보기 위해 분석하였으나 큰 차이점이 없는 것으로 나타났다.

가상현실 콘텐츠를 제작함에 있어서 사이버 멀미가 일어나는 조건인 카메라의 움직임으로 인한 벡션이나 고개의 회전이 있을 때 시선을 유도 요소로 시선을 집중할 수 있게 하는 것이 사이버 멀미를 완화할 수 있는 방법으로 생각된다. 사이버 멀미를 측정한 방식이 SSQ 설문으로 하였기 때문에 주관적인 결과값이 나왔다고 할 수 있다. 향후 연구에서는 이를 보완하여 사이버 멀미의 정도를 객관적으로 파악할 수 있는 측정 도구가 필요하다.

References

[1] Unkown, *"virtual reality market," Innopolis, pp. 1-17*, Feb, 2020.

[2] S. Jung. H. Kim, "A Study on the Production Plan for Reducing Cybersickness in Virtual Reality Game," *Digital Industry Information Society*, Vol.13, No.1, pp. 113-123, march, 2017. https://doi.org/10.17662/ksdim.2017.13.1.113

[3] E. Jang, D. Seo, H. Kim, B. Yoo, "An Integrated Model of Cybersickness: Understanding User's Discomfort in Virtual Reality," *Journal of KIISE*, Vol. 45, No. 3, pp. 251-279, March, 2018. DOI: https://doi.org/10.5626/JOK.2018.45.3.251

[4] B. Keshavarz, B. E. Riecke, L. J. Hettinger and J.L.Campos, "Vection and visually induced motion sick┐ness: How are they related?," *Frontiers in Psychology*, Vol. 6, No. 472, pp. 1-11, Apr. 2015.

[5] E. Song and A. Jung, "A Study for Reducing of Cyber Sickness on Virtual Reality", *Digital Contents Society*, Vol. 18, No. 3, pp. 429-434, June, 2017. DOI: https://doi.org/10.9728/dcs.2017.18.3.429

[6] Jung Seah and Kim Hongyoon. "Study on the Production Planfor Reducing Cybersickness in

Virtual Reality Game", *Korea Society of Digital Industry and Information Management,* March, 2017. https://doi.org/10.17662/ksdim.2017.13.1.113

[7] S. Jang, "A Study of Directing Users' Eye Gaze Movement in Virtual Reality - Based on Eye Tracking Techniques", *hanyang University Ph. D. Thesis*, August, 2019.

[8] H. Kim, "An Analysis of visual effects of online banner advertisement with application of eye tracking," *seoul national university of science and technology Master's thesis*, Aug, 2018.

[9] C. Ahn, "A Study on the Direction of Eye Gaze Movement to Mitigate Cyber Sickness of Immersive VR Animation using Eye tracking," *pusan national university Ph.D. Thesis*, Feb, 2022.

[10]J. Kim and T. Lee, "A Study on Video Directing for Reducing VR Animation Cyber Sickness," *Journal of Next-generation Convergence Information Services Technology*, Vol. 8, No. 3, pp. 235-244. Sep, 2019. DOI : 10.29056/jncist.2019.09.01

[11]J. Kim and T. Lee, "A Study on Video Directing for Reducing VR Animation Cyber Sickness," *Journal of Next-generation Convergence Information Services Technology*, Vol. 8, No. 3, pp. 235-244. Sep, 2019.

[12]Ujike, H., Yokoi, T. and Saida, S. , "Effects of virtual body motion on visually-induced motion sickness," *Quarterly Journalism of Economics, Proceedings of the annual international conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Vol. 26, No. 4, pp. 2399~2402. 2004.

[13]C. Ahn and T. Lee, "A study on the direction of eye movement to reduce cybersickness of VR video contents using eye tracking technology," Vol. 23, pp. 277-301, 2021. DOI: http://dx.doi.org/10.24174/jicc.2021.06.23.277

[14]C. Ahn, "A Study on the Direction of Eye Gaze Movement to Mitigate Cyber Sickness of Immersive VR Animation using Eye tracking," *pusan national university Ph .D. Thesis*, Feb, 2022.

[15]D. Han, "A study on the development of virtual reality for disaster prevention in households living with companion animals," *The International Promotion Agency of Culture Technology*, Vol. 7, No. 3, pp. 583-589, 2021. DOI: https://doi.org/10.17703/JCCT.2021.7.3.583

[16]J. Kong, K. Kim and R. Kim, "Best Practices on Improving the Virtual Reality (VR) Content Development Process with EPIC's Unreal Engine," The International Promotion Agency of Culture Technology, Vol. 9, No. 4, pp. 417-423, 2021. DOI: https://doi.org/10.17703/IJACT.2021.9.4.417

[17]So, R. H., Lo, W., and Ho, A. T. "Effects of navigation speed on motion sickness caused by animmersive virtual environment." *Human factors*, Vol. 43, No. 3, pp. 452-461. 2001. DOI: 10.1518/00187200177589823

[18]J. Kim and T. Lee, "A Study on Video Directing for Reducing VR Animation Cyber Sickness," *Journal of Next-generation Convergence Information Services Technology*, Vol. 8, No. 3, pp. 235-244. Sep, 2019.

[19]Ujike, H., Yokoi, T., and Saida, S. , "Effects of virtual body motion on visually-induced motion sickness", *Quarterly Journalism of Economics, Proceedings of the annual international conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Vol. 26, No. 4, pp. 2399~2402. 2004.

[20]Kennedy, R., Drexler, J., Compton, D., and Stanney, K., Lanham, D., Harm, D. "Configural scoring of simulator sickness, cybersickness and space adaptation syndrome: similarities and differences," *Virtual and adaptive environments: applications, implications, and human performance issues. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates*, 247, 2003.

[21]C. Ahn, "A Study on the Direction of Eye Gaze Movement to Mitigate Cyber Sickness of Immersive VR Animation using Eye tracking", *pusan national university Ph. D. Thesis*, Feb, 2022.

[22]C. Ahn, "A Study on the Direction of Eye Gaze Movement to Mitigate Cyber Sickness of Immersive VR Animation using Eye tracking", *pusan national university Ph. D. Thesis*, Feb, 2022.

※ 이 논문은 2021년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (NRF-2021S1A5A2A01064555)