

경도인지장애 개선을 위한 VR 콘텐츠 개발 연구

A study on the Development of VR Contents for Improvement of MCI (Mild Cognitive Impairment)

박정운¹, 오석희^{2*}

Jung-Woon Park¹, Seok-Hee Oh^{2*}

요약

잘 만들어진 가상현실(Virtual Reality : VR) 콘텐츠는 엔터테인먼트 분야뿐만 아니라 전문적인 의료 및 교육에서도 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 본 논문에서는 마트에서 물건을 사는 과정을 가상현실 환경에 맞는 콘텐츠로 재구성하여 개발하고, 이를 통해 경도인지장애를 가진 환자가 반복 훈련을 할 수 있도록 제공하였다. 본 연구를 통해 제작한 VR 콘텐츠의 치료효과는 임상 실험을 통해 유의미함을 확인하였고, 임상실험과 동시에 진행된 사용성 평가는 가상현실 콘텐츠에 대한 만족도를 확인할 수 있었다.

핵심어 : 가상현실 콘텐츠, 경도인지장애, 의료 가상현실

Abstract

Well-made Virtual Reality (VR) content can be expected to be used effectively in professional medical and education as well as entertainment. In this paper, the process of purchasing goods from the market is reconstructed as contents suitable for the VR environment, and through this, the patients with MCI (mild cognitive impairment) were provided with repeatable training. The effectiveness of VR contents produced through this study was confirmed through clinical trials, and the usability evaluation conducted at the same time as the clinical experiment confirmed the satisfaction with the virtual reality contents.

Keyword : Virtual Reality Contents, MCI (Mild Cognitive Impairment), Medical virtual reality

1 Department of Game Engineering, Gachon University, Seongnam-Si, Gyeonggi-Do, Korea [Graduate Student]
e-mail: pjw0129@gc.gachon.ac.kr

2 Department of Game Engineering, Gachon University, Seongnam-Si, Gyeonggi-Do, Korea [Professor]
e-mail: seokhee5@gachon.ac.kr (Corresponding author)

* 이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2017-0-00180, 복합생체반응 정보기반 지능형 VR Life Care 기술 개발)

Received(July 03, 2018), Review Result(1st: July 28, 2018), Accepted(December 04, 2018), Published(December 31, 2018)

1. 서론

가상현실(Virtual Reality : VR) 시장의 규모는 2018년에도 꾸준히 성장하였다. 한국콘텐츠진흥원의 가상현실게임 개발 가이드 및 사례 연구보고서에 따르면 국내 대표적인 게임 기업들은 가상현실게임 시장이 활성화 될 때를 대비하여 본격적인 투자를 준비하고 있다[1]. 마이크로소프트사는 윈도우10의 업그레이드를 통해 Mixed Reality 앱을 제공함으로 PC를 기반으로 한 가상현실과 혼합현실 시장에 본격적으로 준비를 마친 상황이다. Steam에서는 SteamVR을 통해 꾸준한 가상현실 게임 콘텐츠 공급을 확대하고 있으며, 유니티(Unity Technologies)나 에픽(Epic Games, Inc.)에서는 자사의 게임엔진을 통해 VR콘텐츠 개발을 꾸준히 지원하고 있다[2]. 이렇듯 국내외적으로 가상현실 콘텐츠 시장에 대한 인프라 증가는 게임, 영상을 중심으로 한 엔터테인먼트 분야뿐만 아니라, 교육이나 의료 등 다양한 분야에서의 콘텐츠 제작에도 좋은 기회이다.

본 연구에서는 정신과 치료에서 사용하는 전통적인 노출치료 방법에 사용할 수 있는 가상현실 콘텐츠를 개발과정을 정리하였다. 우선 정신과 의사 및 임상심리학과와 함께 경도인지장애환자들의 치료에 사용할 수 있는 시나리오를 개발하였고, 이를 바탕으로 가상현실 콘텐츠를 설계하고 콘텐츠를 구현하는 과정을 기록하였다. 본 연구를 통해 완성된 가상현실 콘텐츠에 대한 완성도와 환자들의 만족도는 가상현실콘텐츠에 대한 기존연구에서 사용되고 있는 안전성(멀미)평가 척도와 현존감(Presence)에 대한 척도를 본 연구를 통해 제작한 가상현실 콘텐츠에 맞게 변형한 설문지를 통해 측정하였다.

2. 관련 연구

2.1 가상현실 콘텐츠

가상현실(Virtual Reality: VR)이란 컴퓨터로 만든 특정한 환경이나 상황에서 사용자가 실제와 같은 감각 자극을 느낄 수 있도록 만든 제반 기술 또는 이를 통해 만들어진 콘텐츠를 통칭한다[3]. HMD를 통한 시각적 정보가 중심이 되던 가상현실 콘텐츠는 전용 컨트롤러를 통한 촉각이나, 향기 장치를 통한 후각, 고품질 음향장치를 통한 청각에 대한 높은 수준의 경험을 제공하는 등 꾸준히 발전을 하고 있다. 또한 개인의 경험을 넘어서 새로운 인관관계 나 사회적 구조를 만들어 내는 소셜 서비스까지 제공하는 등 활용분야가 더욱 더 넓어지고 있다[4].

가상현실 콘텐츠가 사용자에게 가지는 중요한 특징은 현존감이다. 슬래터(Slater and colleagues)는 현존감을 ‘그곳에 존재하는 것’이라고 정의했다[5]. 가상현실 디바이스를 통해 제공되는 시각, 청각, 촉각, 후각 자극은 모두 이 현존감을 극대화하기 위한 물리적(physical)인 인터랙션 요인이다. 이와

별개로 가상현실의 아바타를 통한 소셜 서비스는 사회적(social) 인터랙션 요인이며, 실제 사용자는 시각으로 제한된 물리적인 자극만 가지고도 사용자들 간의 상호작용을 통해서 현존감이 극대화 되는 경험을 하기도 한다[6].

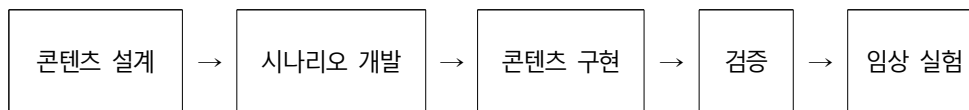
2.2 가상현실 콘텐츠의 게이미피케이션

사용자는 가상현실 콘텐츠를 상호작용을 통해 경험한다. 이 때 상호작용의 매개로서 물리적 컨트롤러를 사용하게 된다. 또한 그래픽으로 표현된 UI를 통해 특별한 행동을 하거나 행동에 대한 피드백 정보를 받아들인다. 이 때 피드백은 게임의 요소를 차용해 사용자에게 단순한 정보 전달 이외에도 칭찬이나 점수 획득 같은 특별한 보상이 될 수 있다[7]. 이 보상은 사용자에게 행동에 대한 더 많은 동기부여를 할 수 있다. 같은 행동을 반복해야 하는 치료콘텐츠에 이러한 게이미피케이션 요소를 삽입하는 것은 콘텐츠에 대한 몰입과 자발적인 참여에 긍정적으로 작용한다[8][9].

3. 경도인지 장애 개선을 위한 VR 콘텐츠 개발

3.1 VR 콘텐츠 개발 개요

본 연구는 과학기술정보통신부 ‘복합생체반응 정보기반 지능형 VR Life Care 기술 개발’ 사업의 일환으로 진행되었다. 2017년부터 총 3개년도 사업으로 가천대학교, 가천대 길병원, (주)블라우비트로 구성되어 VR 콘텐츠들과 뇌파측정 솔루션을 개발하고, 임상실험을 통해 그 효과를 검증한다. 콘텐츠 개발에 관련된 부분을 간단하게 표현하면 다음 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 가상현실 콘텐츠 개발 흐름도

[Fig. 1] VR content development flow chart

본 연구를 통해 개발한 VR 콘텐츠는 경도인지장애를 가진 환자의 치료를 위한 시나리오에 한정하여 진행하였다. 또한 콘텐츠에 대한 치료효과에 대한 검증은 길병원에서 정신과 전문의들에 의해서 진행되고 평가되므로, 본 연구에서는 콘텐츠의 완성도와 만족도에 대한 검증만 진행한다.

3.2 VR 콘텐츠 시나리오 구성

경도인지 장애(MCI:Mild Cognitive Impairment)로 진단이 확정된 환자들은 일상 중 기억력과 주의

력이 필요한 순간에 갑자기 어려움을 겪는다. 이들을 위해 산책이나 물건사기, 은행 이용하기 등 여러 가지 일상 상황들을 수집하였다. 이들 중 결정된 시나리오는 마트에서 코너를 이동하며, 필요한 물건을 구입하는 과정이다. 사야 될 물건을 기억해야 할 개수를 통해 난이도를 조절할 수 있게 구성하였다. 단, 주의력과 충동억제에 대한 치료목적이 최우선이므로 컨트롤러 조작을 통해 언제든지 사야할 물건의 목록을 볼 수 있는 기능을 넣고, 또한 구매한 물건의 목록을 화면에 표시해주는 편의기능을 추가하였다. 정의된 시나리오를 바탕으로 VR 콘텐츠 개발 시 필요한 UI/UX 요소들을 [표 2]와 같은 형태로 구성하였다.

[표 1] 경도인지장애 개선을 위한 시나리오 요약

[Table 1] Scenario summary for improving MCI(mild cognitive impairment)

MCI의 인지훈련 - 시장보기	
Intro	컨트롤러 사용 교육
1	3개 물건을 구매
2	4개 물건을 구매
3	5개 물건을 구매
4	6개 물건을 구매
5	7개 물건을 구매

[표 2] 경도인지장애 개선용 콘텐츠 구성을 위한 진행 시나리오 예제

[Table 2] Examples of scenarios for configuring content for MCI

step	장소	구매할 항목의 수 (예시품목)	상 황	측정
1	마트	3개 오렌지주스, 돼지고기, 고등어	<p>큰 마트에 진입 처음에 구매해야 할 전체 목록을 보여준다. 구매목록이 글자로 나타났다가 서서히 사라짐. 옆에 힌트 버튼이 나와있음.</p> <p>컨트롤러를 누를 때마다 코너로 이동함. 이동하면 물건들이 비춰진다. 크고 작은 물건들이 진열되어 있다. (실사처럼 생생하게 제작)</p> <p>구매하려는 물건 앞에서 손을 뻗거나 버튼을 누르면 해당 물건이 카트에 담기도록 제작</p> <p>총 3개의 물건을 맞게 고르면 땡땡 소리와 함께 다음단계로 넘어가고 ("와! 모든 항목을 정확하게 구매했군요!")</p> <p>틀리게 고르면 "아, 이 물건은 구매 목록에 없었는데요! 다시 한 번 생각해 보세요" 멘트가 나옴. 밑에 힌트 버튼이 나타나도록 구성함.</p>	<p>- 정답, - 오답, - 힌트를 본 횟수</p>

3.3 VR 콘텐츠 구현

정의된 시나리오는 유니티 게임엔진을 통해 구현하였다. 우선 사용자가 가상현실을 체험할 공간

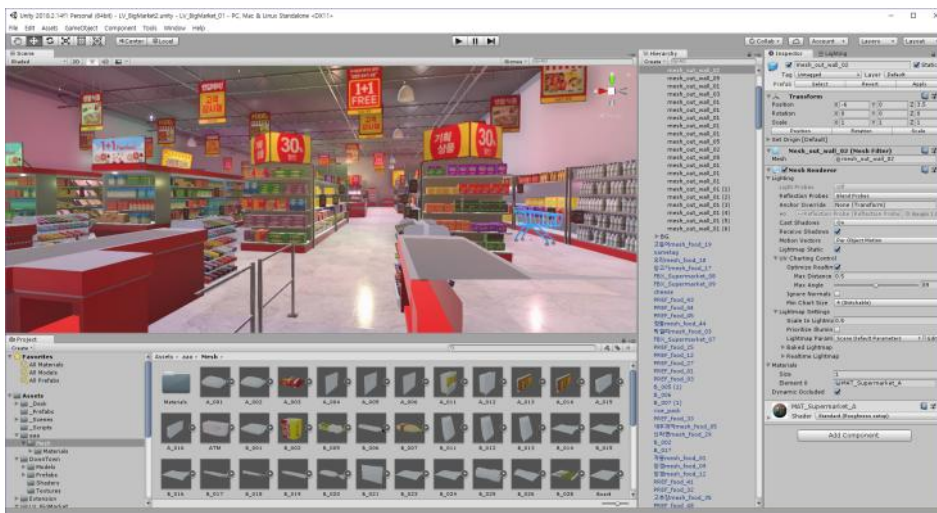
을 구성한다. 제작 여건상 너무 넓지 않은 공간에 정리된 형태로 물건들이 배치되어 있어야 하고, 무인판매대가 치료목적에 더 맞는 배경이어서, 전통시장이 아닌 대형마트를 콘셉트로 정하였다. 공간을 구성하는 벽과 물건 매대들은 3D Max 프로그램을 이용하여 제작하고 이를 FBX파일 포맷을 통해 유니티 게임 엔진에서 임포트하여 사용하였다. 또한 매대에 장식될 물품들은 현실감을 위해 실제 마트에서 판매되는 물건들의 디자인을 차용하였다.

임상 테스트는 총 4개의 난이도에서 8회 반복으로 계획되었다. 이를 위해 생성한 물건들의 종류는 다음 [표 3]과 같다.

[표 3] 콘텐츠 내에서 생성해야 할 물품 분류

[Table 3] Classification of goods to be created within content

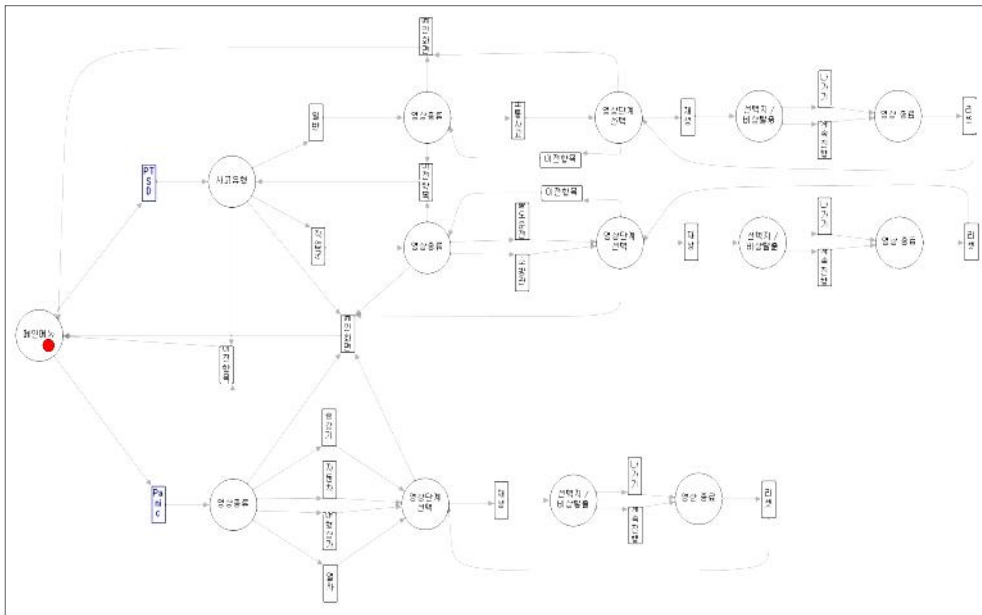
구매해야하는 물품 목록						
주스	유제품	고기	생선	주류	가공식품	반찬/냉동식품
오렌지주스	흰우유	돼지고기	고등어	맥주	커피	만두
사과주스	바나나우유	소고기	조기	소주	새우과자	김치
포도주스	딸기우유	닭고기	명태	포도주	양갱	피자
토마토주스	치즈	오리고기	꽂치	막걸리	신라면	두부
자몽주스	요구르트	양고기	삼치	정종	고추장	콩나물
						대파



[그림 2] 유니티 게임엔진을 사용한 가상현실 공간의 대형마트 제작

[Fig. 2] Create VR-market content using Unity game engine

유니티 게임엔진은 동작 구현에 C#스크립트 언어를 사용한다. 정의된 시나리오를 아래와 같이 패트리네트를 이용하여 시뮬레이션 하였다. 이 과정을 통해 구현해야 할 기능들을 모두 정리하고, 또한 완성될 콘텐츠에 대한 전체적인 설계에 대한 오류를 미리 체크할 수 있다[10].



[그림 3] UI/UX 설계와 패트리네트 (Petri Net)를 이용한 시뮬레이션 검증

[Fig. 3] UI / UX design and simulation verification using Petri net

이와 같은 과정을 통해 콘텐츠를 제어하는데 필요한 주요 기능들을 먼저 구현하고, 여러 번의 테스트 과정을 거쳐 얻어낸 피드백에 의하여 몇 가지 편의기능을 추가하였다. 최종적으로 구현된 주요 기능들은 다음 [표 4]와 같다.

[표 4] 가상현실 장보기 콘텐츠에서 구현된 주요 기능

[Table 4] Key features implemented in VR-market content

구현된 주요 기능	
1	시나리오에 맞추어 실험 절차에 따라 1회기부터 8회기까지 선택해서 실행가능
2	사용자는 장보기 목록을 기억 후 식품 코너를 이동하며 목록에 있는 물건을 구입
3	필요에 따라 장보기 목록 확인 가능하고, 카트에 담은 물건은 자동으로 체크 됨
4	사용자의 행동을 텍스트와 음성으로 피드백
5	실험자의 행동과 결과를 로그파일로 출력

마트 내부의 인테리어를 완성하고 난 뒤에는 유니티 엔진의 라이트를 사용하여 전체적인 화면의 밝기를 조절하고, 라이트 맵을 베이킹 하였다. 최종적으로는 포스트프로세스를 사용하여 화면전체의 분위기를 화사하게 조절 하였다. 다음 [그림 4]는 실제로 콘텐츠를 실행 했을 때의 화면이다.



[그림 4] 가상현실 장보기 콘텐츠 테스트 화면
[Fig. 4] Test Screen of VR-market content

4. VR 콘텐츠의 사용성 평가

본 연구에서 완성된 콘텐츠는 길병원 주치로 정신건강진단 지표 최적화를 위한 임상실험에 사용되었다. 임상실험의 대상자는 다음 [표 5]와 같은 기준으로 선발하였다.

위의 대상자들은 경도인지장애 개선을 위한 노출치료와 동시에 뇌파측정을 통한 심리지표 및 인지 지표 개발을 위한 임상실험을 진행하였고, 임상실험 진행 후에 VR콘텐츠에 대한 어지러움과 현존감 평가를 별도의 설문을 통해 진행하였다. 설문에 사용된 항목은 다음 [표 6]과 같다. 이 설문을 통해 환자들의 실험에 사용된 VR콘텐츠에 대한 만족도와 완성도를 가늠할 수 있었다.

[표 5] 경도인지장애 개선을 위한 콘텐츠 임상실험 대상자 선발 조건
 [Table 5] Clinical trial subject selection condition for improvement of MCI

1. 대상자 선정기준	
㉠ 경도인지장애(Mild Cognitive Impairment), 주관적 기억장애(Subjective Memory Impairment)로 진단받았거나 정상인 노인	
㉡ MMSE(Mini Mental State Examination) 20점 이상인 자	
㉢ CDR(Clinical Dementia Rating) Global Scale 0.5점 또는 GDS(Geriatric Depression Scale) 3점 이하인 자	
2. 대상자 배제기준	
㉠ 의사소통이 불가능한 자	㉡ 심혈관계 질환이 있는 상태
㉢ 심각한 혈관성 치매	㉣ 심각한 내과 또는 외과적 질환이 있는 상태
㉤ 심각한 정신신경학적 질환	㉥ 물질사용장애
㉦ 심각한 어지러움증	㉧ 우울장애

[표 6] 가상현실 장보기 콘텐츠에 대한 사용성 평가 방법과 시기
 [Table 6] How and when to evaluate usability of VR-market content

㉠ 안전성(멀미)평가 척도(Simulator Sickness Questionnaire, SSQ): 인지 훈련 후
㉡ 현존감(Presence) 질문지: 인지 훈련 후
㉢ 현존감(Presence) 척도: 인지 훈련 후

VR콘텐츠 사용에 대한 불편감 평가를 위한 안전도(멀미) 평가 항목은 로버트 케네디가 정리한 시뮬레이터 멀미 평가 방식을 사용하였다[11]. 시뮬레이터 멀미 평가는 메스꺼움, 안구운동 불편, 방향감각 상실의 세가지 개별적인 종합 지표로 산출하여 각각의 가중치를 곱하여 종합 점수를 산출한다. 자세한 내용은 다음의 [그림 5]와 같다[12].

본 연구를 통해 제작한 가상현실 콘텐츠의 현존감에 설문은 1996년 소개된 Bob G. Witmer 와 Michael J.Singer의 Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire.에서 소개된 질문지를 이용하였다[13][14]. 그 내용은 다음 [그림 6], [그림 7]과 같다.

경도인지장애를 가진 임상실험 대상자 10명에 대한 실험 결과값의 평균은 다음 [그림 8]과 같다.

이와 같이 실험대상군에서 멀미에 관한 반응은 매우 낮게 나타났으며, 현존감 척도는 10점만점 기준으로 평균치를 약간 웃도는 반응을 보였다. 실험대상군에서는 그래픽 품질보다는 콘텐츠에 대한 몰입 정도가 현존감에 영향을 미치는 결과를 보였다.

안전성(멀미) 평가 척도					
	구분	없음	약간	보통	심각함
1	일반적인 불편	0	1	2	3
2	피로	0	1	2	3
3	두통	0	1	2	3
4	눈의 피로	0	1	2	3
5	눈의 초점을 맞추기가 어려움	0	1	2	3
6	침 분비의 증가	0	1	2	3
7	발한(땀남)	0	1	2	3
8	메스꺼움	0	1	2	3
9	집중하기에 곤란	0	1	2	3
10	머리가 팽 찬 느낌	0	1	2	3
11	부연 시야	0	1	2	3
12	눈을 뺐을 때 현기증	0	1	2	3
13	눈 감았을 때 현기증	0	1	2	3
14	빙빙 도는 느낌의 어지러움	0	1	2	3
15	위에 대한 부담감	0	1	2	3
16	트림	0	1	2	3

종합점수 _____

$$\begin{aligned}
 \text{메스꺼움} &= [1] \times 9.54 \\
 \text{안구운동불편} &= [2] \times 7.58 \\
 \text{방향감각상실} &= [3] \times 13.92 \\
 \text{종합 점수} &= [1] + [2] + [3] \times 3.74
 \end{aligned}$$

[그림 5] 로버트 케네디의 시뮬레이터 멀미 평가 설문지와 점수계산법

[Fig. 5] Robert Kennedy's simulator nausea evaluation questionnaire items and score calculation

현존감(Presence) 질문지

다음 문항들은 가상현실 영상을 본 후 느낌에 대한 문항입니다.
 각 문장을 잘 읽으시고 당신이 **지금 이 순간에** 바로 느끼고 있는 상태를
 가장 잘 나타내준다고 생각되는 란에 체크해주시기 바랍니다.

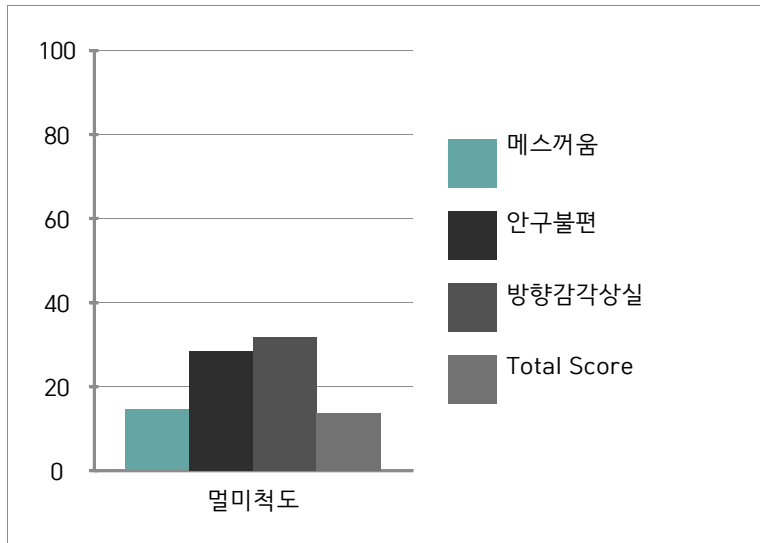
1-----2-----3-----4-----5-----6-----7
 전혀 그렇지 대체로 그렇지 약간 그렇지 보통이다 약간 그렇다 대체로 그렇다 매우 그렇다
 않다 않다 않다

문 항	
1	영상 속의 사물들이 마치 진짜인 것처럼 느껴졌다. 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7
2	영상 속의 풍경이 마치 진짜인 것처럼 느껴졌다. 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7
3	영상 속의 물건을 마치 잡을 수 있을 것처럼 느껴졌다. 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7
4	내가 실제로 영상 속의 경험을 하고 있는 사람이 된 것 같았다. 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7
5	내가 실제로 영상 속의 경험을 하고 있는 사람이 보는 것을 나도 보고 있는 것 같았다. 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7
6	내가 실제로 영상속의 경험을 하고 있는 사람이 걸을 때 나도 걷고 있다고 느꼈다. 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7
7	영상 속의 인물들이 마치 실제로 내 앞에 있는 것 같았다. 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7
8	영상 속의 사람들이 가까울이 이상하게 느껴졌다. 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7
9	영상 속의 사람들과 마치 같은 공간에 있는 것 같이 느껴졌다. 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7

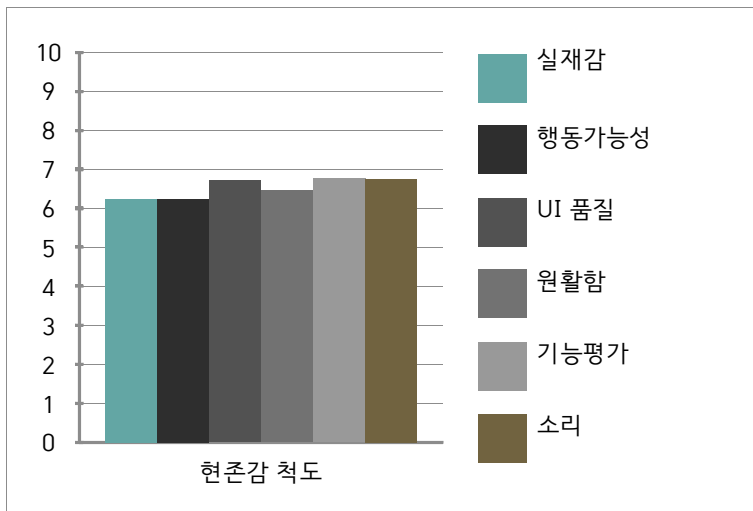
총점 _____

[그림 6] 가상현실 콘텐츠 이용자의 현존감 측정을 위한 질문지

[Fig. 6] Questionnaire for measuring presence of VR contents



안정성(멀미) 평가 척도			
메스꺼움	안구불편	방향감각상실	Total Score
14.45	28.37	31.72	13.78



현존감 척도					
실재감	행동가능성	UI 품질	원활함	기능평가	소리
6.24	6.24	6.72	6.45	6.76	6.75

[그림 8] 임상실험 대상자 10명에 대한 사용성 평가 설문 결과값

[Fig. 8] Results of usability evaluation questionnaire for 10 subjects

4. 결론

본 연구에서는 가상현실콘텐츠를 제작하여 정신질환 환자 중 경도인지 장애를 가지고 있는 환자들에게 제공하였다. 정신과의 노출반복 치료과정에서 가상현실 콘텐츠가 가지고 있는 현존감에서 오는 몰입도는 효과적인 치료방법이 될 수 있음을 확인할 수 있었다. 하지만 제작 과정의 복잡성에서 오는 높은 개발비와 하드웨어의 현실적인 제약으로 인해 당분간은 제한적인 상황만 대응하는 콘텐츠만 가능할 것으로 보인다. 하지만 가상현실 환경에 대한 빠른 인프라 확장은 이러한 현실적인 벽을 곧 무너뜨릴 것이다. 이와 같은 환경에서 가까운 미래의 VR콘텐츠는 하드웨어의 한계에서 오는 불편함보다는 체험 시 오는 어지러움증이나 불편함 등의 휴먼팩터에 관한 문제점에 대해 더 많은 해결책을 요구받을 것이며, 이를 해결하기 위해서는 가상현실 콘텐츠 제작에 대한 더 많은 사례 연구가 필요하다.

Reference

- [1] Jung S.h., "Virtual Reality Game Development Guide and Case Study", (Report 17-69), KOCCA, (2018).
- [2] Mól, Antônio Carlos A., Carlos Alexandre F. Jorge, and Pedro M. Couto. "Using a game engine for VR simulations in evacuation planning." *IEEE computer graphics and applications* 28.3 (2008): 6-12.
- [3] Rheingold, Howard. "Virtual Reality: Exploring the Brave New Technologies of Artificial Experience and Interactive Worlds-From Cyberspace to Teledildonics", Secker & Warburg, (1991).
- [4] Sherman, William R., and Alan B. Craig. "Understanding virtual reality: Interface, application, and design", Morgan Kaufmann, (2018).
- [5] Schuemie, Martijn J., et al. "Research on presence in virtual reality: A survey." *CyberPsychology & Behavior* 4.2 (2001): 183-201.
- [6] Durlach, Nat, and Mel Slater. "Presence in shared virtual environments and virtual togetherness." *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 9.2 (2000): 214-217.
- [7] Parsons, Sarah, and Peter Mitchell. "The potential of virtual reality in social skills training for people with autistic spectrum disorders." *Journal of intellectual disability research* 46.5 (2002): 430-443.
- [8] KKapp, Karl M. "The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education", John Wiley & Sons, (2012).
- [9] Hanus, Michael D., and Jesse Fox. "Assessing the effects of gamification in the classroom: A longitudinal study on intrinsic motivation, social comparison, satisfaction, effort, and academic performance." *Computers & Education* 80 (2015): 152-161.
- [10] Zhao, Xianqiong, Olaf Malasse, and Grégory Buchheit. "Verification of safety integrity level of high demand system based on Stochastic Petri Nets and Monte Carlo Simulation." *Reliability Engineering & System Safety* (2018).
- [11] Stanney, Kay M., Ronald R. Mourant, and Robert S. Kennedy. "Human factors issues in virtual environments: A review of the literature." *Presence* 7.4 (1998): 327-351.
- [12] Kennedy, Robert S., et al. "Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness." *The international journal of aviation psychology* 3.3 (1993): 203-220.
- [13] Witmer, Bob G., and Michael J. Singer. "Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire." *Presence* 7.3 (1998): 225-240.
- [14] Lee, Hyeon-Rae, et al. "The relationship between brain activities and presence on communication using an avatar in virtual reality." *Korean Journal of Cognitive Science* 17 (2006).