
가상현실 학습자의 주의집중상태와 학습 후 기억내용에 관한 영향 분석

박 경 신*

Analysis on Evaluating Learner's Attention States in a Virtual Environment and Retained
Memory after VR Learning

Kyoung Shin Park*

요 약

최근 가상현실을 활용한 학습이 점차 그 효율성이 입증되고 있다. 그러나 대부분의 가상현실 교육환경에서는 학습자 주의를 환기시키고 나아가 기억의 향상을 높이는 설계가 크게 논의되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 학습자 주의를 끌 수 있는 다섯 가지 자극의 주요 이벤트로 구성된 가상환경에서 피험자 17명에게 **Guided Search Task**과 **Exploration Task** 방식으로 학습순서를 달리 제공하면서 뇌파, 심전도, 피부저항도, 시선 추적의 생체신호와 가상환경에서 사용자 행태를 통하여 학습 시 주의상태를 살펴보았다. 그리고 실험 후 설문조사를 통하여 학습자의 기억내용을 분석해 보았다. 본 논문은 실험에서 사용된 교육용 가상해저생태계 환경을 먼저 서술하고, 실험설계와 환경 및 방법을 설명한 후, 전 구간과 이벤트 중심의 10초 단위 구간으로 나누어 가상환경에서 학습자의 주의 상태와 학습 후 기억하는 내용을 심층 분석한 결과를 토론했다.

ABSTRACT

Recently there have been some positive evidences on the effects of learning in a virtual environment. However, most of these educational VR systems were not deeply considered in the design of drawing a learner's attention on lesson contents, which would help enhance retained memory. Hence, a study was conducted to measure 17 subjects' attention states using EEG, ECG, GSR, and eye-tracking and their behaviors while they were given guided search task or exploration task in a virtual environment consisting of five major events. It also analyzed the subject's remembered items after their VR experiences using a survey. This paper first describes an overview of the ocean virtual environment used in this study, and it then explains the experimental design, apparatus, and method. It will also discuss the results by a detail analysis (in a whole VR session as well as event-related 10-second 33 sub-sessions) with the subjects' attention states and their retained memory after the learning.

키워드

가상현실, 교육방식, 학습순서, 주의, 기억, 뇌파, 심전도, 피부저항, 시선추적

I. 서론

가상현실 (Virtual Reality)이란 컴퓨터 시스템을 이용하여 인간의 오감을 자극하는 감각기관에 정보를 전달하여 실제와 유사한 공간을 만들어 사용자가 그 공간 안에서 체험 가능한 환경이다. 가상현실 환경은 사용자에게 일인칭 시점에서 3차원 입체영상을 통해 만들어지는 몰입감과 사용자의 입력에 반응하는 상호작용성을 제공한다. 이를 활용하여 실제로 제공하기 힘든 환경(예를 들어, 심해, 화성, 또는 인체내부)을 실제와 근접한 느낌으로 체험할 수 있게 한다.

최근 가상현실이 제공하는 상호작용성, 몰입감등을 살려 가상환경을 교육에 활용하고 있는 경우가 많아졌으며, 점차 그 효율성도 입증되고 있다 [1]. 그 예로, 뉴턴의 물리 역할을 가르치는 뉴턴의 세계, 고릴라 습성과 행동거지 및 서식지에 관해 가르치는 가상 고릴라, 지구가 둥글다는 개념을 가르치는 연구 등이 있다. 그러나 교육용 가상현실환경은 대부분 교육용 콘텐츠 개발이나 기술적 구현의 측면에서 많이 연구되어 왔다.

최근 생체신호측정을 사용한 감성공학 연구가 활발해지고 있어, 본 연구에서는 사용자의 감정 상태나 태도들을 고려한 감성적인 가상현실 교육환경 개발을 도와주는 설계지침을 찾고자 하였다. 이를 위하여 해저생태계를 재현한 가상현실 환경에서 가이드가 제공되거나 또는 자유로운 탐사 교육방식에 따른 학습자들의 주의 상태와 학습 후의 기억 내용을 실제 사용자 17명을 대상으로 실험하였다. 뇌파, 심전도, 피부저항도, 시선추적 등의 다양한 생체신호를 사용하여 가상환경에서 학습자의 주의 분석을 하였으며, 실험 후 설문조사를 통하여 기억하는 내용을 측정하였다.

주의집중력과 관련한 가상현실 연구는 많지 않다. 주의력 측정 지표인 뇌파 베타파의 검출 정도를 사용하여 주의집중력이 부족한 아동들에게 시각 지속이나 시각 비교와 같은 인지과제를 훈련시켜 주의력 향상을 촉진시키는 바이오피드백을 제공한 연구가 있었다 [2]. 일반적으로 가상환경에서 사용자 주의정도를 분석하고 평가하는 연구에서는 시선추적을 주로 사용하였다 [3]. 이때 주로 시선이 얼마나 오랫동안 특정대상에 멈추어 있느냐에 대한 지표를 많이 이용하였다. 그러나 사용자가 한 대상에 오랫동안 시선을 머문 채로 다른 생각을 하고 있을 수 있는 문제점때문에 시선추적은 주의도 판별에

보조적으로 활용하고 있다.

본 연구에서는 가상환경에서 학습자의 주의를 끌 수 있는 요소를 분석하기 위하여 다섯 가지 자극과 관련된 이벤트로 구성되어 있으면서, 가이드가 제공되는 Guided Search Task방식과 자유로운 탐사인 Exploration Task방식으로 학습자에게 제공하였다. 실험 결과는 Guided Search Task방식이 이벤트와 관련하여 학습자의 주의를 끌고 기억을 높인 반면 Exploration Task방식에서는 이벤트 외적인 부분에 더 주의를 기울이게 하고 보다 광범위한 내용을 기억한 것으로 나타났다.

특히 학습 기억량에 있어서, Exploration Task후 Guided Search Task를 한 경우에서 그 반대의 경우보다 훨씬 더 많아진 결과를 보였다. 이는 자기 주도적 Exploration Task 방식에서 관심을 크게 두지 않았던 내용을 Guided Search Task를 통하여 확실히 주의를 끌어 기억하게끔 도와준 것으로 보인다. 본 논문은 실험에서 사용된 가상현실 해저생태계 환경을 먼저 서술하고, 실험설계와 방법을 설명한다. 또한 전체구간 및 이벤트 중심의 10초 단위 구간으로 나누어 심층 분석한 실험 결과를 토론하고 결론을 맺는다.

II. 가상현실 해저생태계 환경

해저생태계를 재현한 가상환경 The Ocean은 해저 탐사를 위한 산호초를 포함한 대륙붕 지역과 약 4000m 깊이의 심해환경으로 구성되어 있으며, 다양한 바다 어류와 패류 그리고 산호초와 해조류 등 해양생물을 볼 수 있다. 본 실험을 위해 엔젤피쉬 서식지인 산호초지역 등의 특정 이벤트들과, 심해 열수구에서 김이 나는 장면, 해저 바다거미와 바다가제의 움직임에 따른 소리 등 보다 많은 흥미 요소들을 추가하였다 (그림 1 참고).

또한 사용자는 조이스틱을 이용해서 가상환경에서 자유롭게 자신의 잠수함을 조정하여 해저 탐사를 할 수 있도록 하였다. 그리고 탐사 도중에 어두운 심해에서 불을 밝힐 수 있는 조명과, 즉석사진을 찍을 수 있는 사진 기능을 제공하였다. 이 가상환경 해저생태계를 탐사하는 사용자의 행동패턴을 분석하기 위하여 가상환경에서의 시간이나 이벤트에 따른 사용자 위치를 자동으로 저장한다.

이 가상현실 해저생태계 환경의 제작은 가상현실 제

작도구 Yggdrasil(YG)를 사용해서 만들어졌다. YG는 CAVElib VR library와 SGI사의 Performer Graphic Library를 바탕으로 한 기본적인 그래픽 모듈 (모델 불러오기, 애니메이션, 네비게이션 등)과 Bergen 사운드 모듈 (사운드 서버와 가상환경 사운드 이벤트 트리거 등)을 제공한다. YG의 간단한 스크립트로 기존의 C나 C++으로 가상환경을 개발하는 것보다 쉽고 용이하게 가상환경을 만들 수 있다[4].

III. 실험 방법

3.1. 피험자

본 실험에는 한국정보통신대학교 디지털미디어연구소의 학생들이 자발적으로 참여하였다. 총 25명이 참여하여 4명은 사전 예비실험을 실시하였고 본 실험 참여자 중 최종 17명의 피험자들의 자료를 확보하였다. 17명의 피험자들 평균 나이는 24.1 세이며, 5명의 여성과 12명의 남성으로 구성되었다.

피험자들의 3차원 게임이나 가상현실에 대한 사전 경험도와 생체신호 측정에 대한 사전 경험도 등에 대한 설문 결과에서 모든 피험자가 컴퓨터 환경에 친숙했고 대부분의 피험자가 3차원 게임과 3차원 입체영상관을 통해 가상환경을 경험해본 것으로 나타났다. 그러나 모든 피험자는 본 실험에서 사용한 가상현실 해양생태계 환경 The Ocean을 경험하지 않았으며 뇌파, 심전도, 피부전도도, 시선추적 생체신호 측정장치를 사용해 본 경험이 없었다.

또한 해저생태계에 대한 친숙도 설문 결과에서 17명의 피험자 중 10명이 한번 정도의 스쿠바 다이빙이나 수족관 견학을 통하여 해저생태계를 체험한 것으로 나타났다. 그리고 15명의 피험자가 해저생태계에 비교적 낮은 관심도를 보였다.

3.2. 실험설계

본 실험에서는 모든 피험자들에게 임의적으로 순서를 바꿔가면서 Guided Search Task와 Exploration Task 과제가 주어졌다. 전체 피험자 17명 중 8명은 Exploration Task 후 Guided Search Task 순서로, 그리고 나머지 9명은 Guided Search Task 후 Exploration Task 순서로 가상현실 교육 실험에 참여하였다.

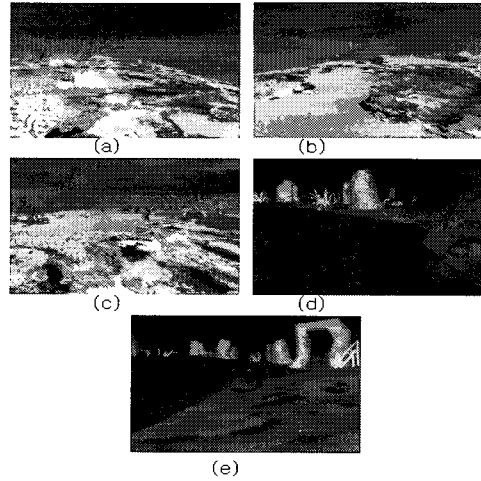


그림 1. 다섯 가지 이벤트 (a)엔젤 피쉬 (b)가자미 (c)가오리 (d)대왕오징어 (e)초롱아귀
Fig. 1 Five events (a) angel fish (b) flat fish (c) ray fish (d) giant squid (e) angler fish

Guided Search Task에서는 실험 시작 후 매 1분 단위로 질문의 내용과 사진을 보여주면서 음성 설명이 제공이 되었다. 그리고 질문이 제시되기 전 피험자의 잠수함을 해당 물고기가 서식하는 서식지로 강제 이동시켜서 질문에 해당하는 답을 찾기 쉽게 도와주었다.

Exploration Task 방식에서는 실험 시작 후 피험자가 관심 있는 다섯 개의 물고기와 그 물고기의 생태 및 서식지와와 관계를 살펴보라는 1개의 질문이 주어졌다. 따라서 학습자에게 보다 자율적이며 능동적인 학습이 가능하도록 자유 탐색을 하며 관심 있는 대상을 스스로 찾아 보게 하였다.

학습자의 이벤트 단위별 주의도 분석을 위해 가상현실 해저생태계 환경에 그림 1에서 보이는 다섯 가지 물고기에 각각의 특정 행동 및 자극을 가진 이벤트를 1분 단위로 순차적으로 제공하였다. 실험 시작 후 안개가 걷히면서 움직이는 물고기가 보이고 1분 후 선명한 색상을 가진 엔젤피쉬가 사용자의 눈 앞 왼쪽에서 나타나 오른쪽으로 움직였다. 다시 1분 뒤 가자미의 상하 움직임에 따라 물방울 터지는 소리가 들리고, 그 다음 1분 후 가오리가 멀리서부터 사용자에게로 돌진하여 충동을 느끼게 하는 촉각 피드백(Tactile feedback)을 주고 간다.

그 다음 피험자는 대륙붕 절벽으로 떨어져 심해로 가고, 1분 후 대왕오징어가 사용자에게 가까이 와서 먹물

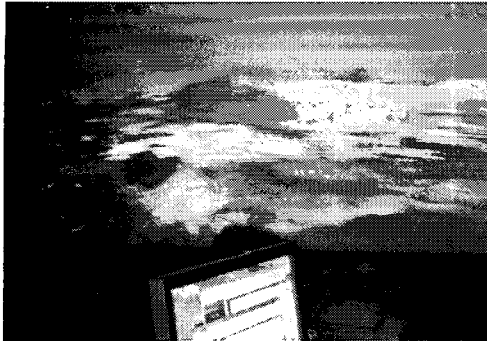


그림 2. 편광방식 가상현실 실험 환경
Fig. 2 Passive-stereoscopic Virtual Reality Experimental Environment

을 풀어내고 빠르게 사용자 앞쪽 먼 곳으로 도망을 간다. 그 다음 1분 후 초롱아귀가 오른쪽에서 나타나 왼쪽으로 움직이면서 머리에 달린 등에서 반짝이는 빛으로 깃비늘치를 유인하여 잡아먹는다. 마지막으로 다시 대륙봉으로 잠수함이 올라간다.

3.3. 실험 환경

본 실험 환경은 100인치 스크린과 듀얼 빔 프로젝터를 사용한 편광방식 가상현실 디스플레이를 사용하였다. 그림 2에서 보이는 이 가상현실 시스템은 리눅스 기반의 PC에 NVidia Quadro급 그래픽스 카드를 사용하여 왼쪽과 오른쪽 눈에 해당하는 이미지를 2개의 DLP 프로젝터와 편광필터를 통해 투사하여, 사용자가 편광 안경을 쓰고 입체영상을 체험할 수 있게 했다. 스크린 양 옆에 스테레오 스피커를 설치하여 가상환경의 배경음악과 이벤트의 발생에 따른 서라운드 음향을 제공하였다. 또한, 가상환경에서 내비게이션 (navigation)과 진동 (vibration) 촉각 피드백을 제공하기 위해 조이스틱을 사용하였다.

본 실험에서 학습자의 주의집중상태를 측정하기 위하여 그림 3에 보이는 뇌파, 심전도, 피부전도도, 시선추적 생체신호 측정 장비를 사용하였다. 뇌파와 심전도 측정을 위하여 락사사의 QEEG-8 8채널 뇌파 측정장비와 QECG-3 심전도 측정장비를 사용하였다. 피부전도도 GSR 측정 장비는 MIT 미디어랩에서 개발한 HandWave를 이용했다. HandWave는 감성공학연구를 위해 개발된 무선 피부전도도 장치로 30 Hz로 실시간 데이터를 측정한다. 시선추적 측정에는 Seeing Machine 사의 Facelab

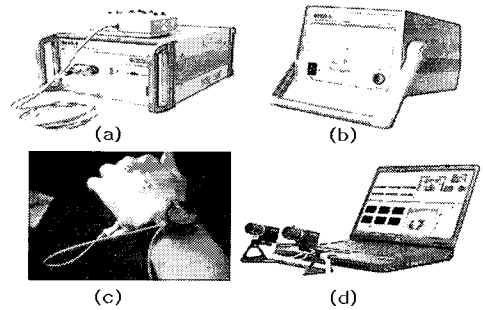


그림 3. 생체신호 실험장비 (a) 락사 뇌파측정기 (b) 락사 심전도측정기 (c) 피부전도도 측정기 (d) Seeing Machine Facelab 시선추적기
Fig. 3 Physiological Sensor Apparatus (a) Laxtha Q-EEG8 (b) Laxtha Q-ECG3 (c) Handwave GSR (d) Seeing Machine Facelab version 4

Version 4를 사용하였다. Facelab은 기존의 시선추적장치들과는 달리 사용자들에게 헬멧이나 렌즈 등 부착장치를 착용하지 않고 자연스러운 시선추적이 가능하다.

또한 카메라 2대로 피험자의 실험 앉은 자세, 움직임, 얼굴 표정 등의 전체적인 상태를 녹화하였으며, 2명의 실험 기록자들이 있으면서 피험자의 상태를 기록하였다.

3.4. 실험과정

실험과정은 1. 사전 설문조사 (5분), 2. 실험 장치 설치 (20분), 3. 실험 장치를 장착한 상태에서 휴식 상태 (5분), 4. Guided Search Task 또는 Exploration Task 가상현실 실험 (5분 30초), 5. 실험 후 설문조사 (10분), 6. 휴식상태 (5분), 7. Exploration Task 또는 Guided Search Task 가상현실 실험 (5분 30초), 8. 실험 후 설문조사 (10분)로 구성되었다.

먼저 피험자들에게 실험 전에 실험의 목적과 방법 등에 대한 간략한 개요를 설명하였고 동시에 실험 참가에 대한 동의를 받았다. 사전 설문 조사에서는 피험자의 인적정보(나이, 성별 등)와 가상현실 친숙도, 해양환경 사전 경험도 및 생체신호측정 경험 등에 대한 질문을 주었다. 그리고 피험자에게 생체신호 장치를 장착하고 초기화하는 작업을 한 후, 안정상태에서 5분간 피험자의 생체신호상태를 측정하였다. 안정상태 후 Guided Search Task 또는 Exploration Task의 가상현실 실험을 하고 난

후, 실험 후 설문조사를 하였다. 그리고 다시 휴식상태 측정 후, 다른 Guided Search Task 또는 Exploration Task 실험을 하였고 실험 후 설문조사를 진행하였다. 이렇게 하여 각 피험자별로 전체 70분~90분 정도의 실험 시간이 소요되었다.

각 실험 후 설문조사에서는 피험자가 가상환경에서 본 것 중에 기억에 남는 물고기나 환경요소를 서술하게 하였으며, 자극요소에 따른 주의 상태 등을 측정하는 질문을 했다. 가상현실 학습 후의 설문에서 1. 가상현실 학습에 대한 느낌, 2. 생태계학습도구로서의 가상현실 학습 효과, 3. 가장 기억에 남는 아이템을 순서대로 설명하며 나열, 4. 가상현실 학습 중에 주의를 끌었던 요소에 대한 질문, 5. 총 5가지 아이টে에 대한 서식지, 행동유형, 새로 알게 된 정보를 서술하는 총 다섯 가지 질문으로 구성되었다. 그리고 3번 문제와 5번 문제를 제외하고 모두 5점 척도 객관식 설문 문항으로 구성되었다.

3.5. 실험평가

본 실험 (즉 Guided Search Task 또는 Exploration Task)에서 피험자의 생체신호와 가상환경에서 피험자의 행태를 측정하여 비교분석하였다. 또한 5분 30초의 실험을 10초 단위의 33 이벤트 구간으로 나누어서 피험자의 뇌파, 심전도, 피부저항도, 시선추적 생체신호와 가상환경에서 행동 패턴 (탐색경로와 사진 찍기)을 측정하여 분석하였다.

뇌파 (EEG)는 주의도와 관련이 큰 SEF50% 지수 [5]와, 정신적 작업부하도 (Workload)를 나타내는 Beta/Alpha 지수 [6]를 분석하였다. 작업난이도가 높을 때 증가한다고 하는 심전도 (ECG) HRV (Heart Rate Variability)와 RRV (R-R Interval Variability) LF/HF 지수 [7]를 분석하였다. 또한 피부저항도 (GSR)는 주의도와 상관관계가 높은 진폭 (Amplitude)과 사건단위 흥분도와 밀접한 관련이 있는 도약점 (Startle)의 개수를 중심으로 분석하였다[8]. 그리고 시선추적을 활용하여 피험자의 시선이 화면의 오랫동안 머물러 있는 정도를 계산하였다.

또한 피험자가 가상환경 내에서 학습 도중에 찍은 사진들 (Snapshots)과 탐사 경로 (Navigation trails)를 파일로 저장하여 학습자가 한 곳에 오랫동안 머무른 정도 (Fixation)나 특정 대상을 사진 찍은 경우를 학습자의 관심도와 학습태도 분석에 사용하였다. 동시에 실험 시 카메라 2대로 피험자의 상태를 녹화한 자료와 실험 후 설

문결과 분석을 통해 피험자의 교안에 대한 기억도와 주의 요소 등을 전체적인 피험자의 상태와 학습결과를 비교분석하였다.

IV. 결과분석 및 토의

Guided Search Task와 Exploration Task 간의 전 구간에 대한 비교분석은 [9] 논문에서 소개되었다. 그 결과는 Guided Search Task에서 피험자들의 뇌파 SEF50% 지수 값이 Exploration Task보다 더 높게 나타났고 그 외에 뇌파의 Beta/Alpha 작업부하도 지수나 심전도 HRV나 RRV LH/HF, 피부전도도의 도약점 개수와 진폭, 시선 움직임의 양에서도 Guided Search Task에서 Exploration Task보다 좀 더 높게 나타났으나 통계적으로 유의미하진 않았다.

10초 단위 33 구간 분석에서는 뇌파, 심전도, 피부전도도 및 시선추적을 확인해 본 결과, Guided Search Task에서 질문과 VR 이벤트와 관련하여 뇌파 SEF50%지수와 피부저항도 도약수가 눈에 띄게 많은 반응을 보였으며, Exploration Task에서는 이벤트 외적 부분에서 약간 높은 반응을 보였다.

그 외에도, Exploration Task에서는 Guided Search Task보다 피험자들이 사진 찍은 개수가 월등히 많았고 가상환경을 보다 많이 돌아다녔으며, 실험 후 기억에 남는 아이টে 설문조사에서도 이벤트와 관련된 아이টে보다는 그 외적인 것을 더 많이 기억한 것으로 나타났다.

4.1. 뇌파 SEF50%와 Beta/Alpha 지수

전 구간에 대한 통합적인 비교분석에서 피험자들의 주의도와 각성 상태를 보여주는 뇌파 SEF50% 지수가 Guided Search Task에서 평균 17.953, Exploration Task에서 평균 15.37으로 Guided Search Task에서 좀 더 높게 나타났다 (표 1 참고). 또한 정신적 작업부하도 (Workload)를 나타내는 Beta/Alpha 지수에서도 Guided Search Task에서 평균 3.119, Exploration Task에서 평균 2.75로 Guided Search Task에서 좀 더 높게 나타났다 (표 2 참고).

10초 단위 33 구간의 SEF50% 지수와 VR 이벤트와 관련한 분석결과에서 피험자들은 Guided Search Task에서 Exploration Task보다 좀 더 확실하게 이벤트 중심으로 SEF50%가 높게 나타났다. 그림 4에서 보이는 전체 피험

표 1. 뇌파 SEF50% 평균
Table 1. Average EEG SEF50%

	Guided	Exploration	평균
Exploration ->Guided	18.397	17.002	17.70
Guided ->Exploration	17.508	13.738	15.623
평균	17.953	15.37	

표 2. 뇌파 Beta/Alpha 평균
Table 2. Average EEG Beta/Alpha

	Guided	Exploration	평균
Exploration ->Guided	3.010	2.853	2.931
Guided ->Exploration	3.227	2.647	2.937
평균	3.119	2.75	

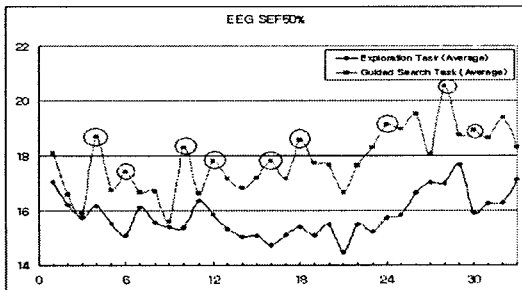


그림 4. 10초 단위 구간 뇌파 SEF50% 평균
Fig. 4 Average EEG SEF50% per 10-second

자의 10초 단위의 SEF50% 지수를 평균한 결과를 살펴 보면 Guided Search Task에서 질문이 나오는 시점과 VR 이벤트가 있었던 시점 (그림 4에서 동그라미로 표시한 지점)에서 특히 높은 값을 보이고 있다. 전반적으로 질문에서 좀 더 높은 SEF50% 지수를 보였으며, 가오리와 오징어에서는 이벤트에서 좀 더 높은 도약이 나타났다. 그와는 달리, Exploration Task에서는 Guided Search Task 보다 전반적으로 낮은 SEF50% 지수를 보였으며, VR 이

벤트가 있었던 시점 전후로 약간의 도약이 있었다.

10초 단위 33 구간의 Beta/Alpha 지수와 VR 이벤트와 관련한 분석 결과는 Beta/Alpha 지수가 SEF50%와 비슷한 패턴을 보였다. 특히, Guided Search Task에서는 질문이 주어진 시점과 이벤트가 있었던 구간에서 확연히 높은 Beta/Alpha 지수를 보였다. 두 지수 간의 상관분석에서 Guided Search Task는 0.86, 그리고 Exploration Task에서는 0.6으로 약간 높은 상관관계를 보였다.

4.2. 심전도 RRV LF/HF 지수

전 구간에 대한 심전도 RRV LF/HF 지수의 통합적인 비교분석결과는 Guided Search Task에서 평균 2.146, Exploration Task에서 평균 1.6으로 Guided Search Task에서 좀 더 높은 RRV LF/HF 지수를 보였다. 표 3에서 보듯이 Exploration Task 후에 Guided Search Task를 참여한 집단의 RRV LF/HF 지수 평균값이 Guided Search Task 후에 Exploration Task를 참여한 집단에 비하여 약 2배 높게 나타나 피험자가 Guided Search Task에서 보다 더 많은 긴장했음을 보여준다.

표 3. 심전도 RRV LF/HF 평균
Table 3. ECG RRV LF/HF Average

	Guided	Exploration	평균
Exploration ->Guided	1.102	1.122	1.112
Guided ->Exploration	3.19	2.078	2.634
평균	2.146	1.60	

10초 단위 분석에서는 RRV LF/HF 지수가 개인편차가 심하여 VR 이벤트와 동조하는 뚜렷한 결과를 보이지 않았다. 그러나 Guided Search Task에서는 VR 환경에서 처음 안개가 걷히면서 산호초 지역에 움직이는 물고기가 나타나는 시점에서 가장 높은 RRV LF/HF 지수 평균값이 나타났으며, Exploration Task에서는 심해에 떨어진 후에 가장 높은 RRV LF/HF 지수 평균값을 보였다.

4.3. GSR 도약수

표 4는 10초 단위 피부저항도 (Galvanic Skin Response, GSR) 분석에서 주요 VR 이벤트와 관련하여 GSR 도약

표 4. 피부저항도 (GSR) 도약수 (횟수)
Table 4. GSR Number of Starles

이벤트 구간	전체	Guided	Exploration
가오리와 촉각피드백	15번	7번	8번
질문	11번	11번	-
시점변화	8번	3번	5번
엔젤피쉬	8번	6번	2번
안개걸히기	6번	4번	2번
가자미	6번	2번	4번
가자미 후	6번	2번	4번
초롱아귀	5번	3번	2번
엔젤피쉬 후	5번	1번	4번
대왕오징어 후	4번	0번	4번
대왕오징어	3번	2번	1번
시점변화 후	3번	0번	3번
촉각피드백 후	2번	1번	1번
초롱아귀 후	1번	0번	1번

수 결과를 보여주고 있다. Guided Search Task와 Exploration Task를 합친 전체의 경우 GSR 도약수가 가오리와 촉각피드백에서 가장 높았고, 그 다음으로 심해로 내려가기 시점변화, 엔젤피쉬, 가자미, 초롱아귀, 대왕오징어 순서로 나타났다. Guided Search Task에서는 질문 시 도약수가 가장 많았고, 그 뒤로 가오리, 엔젤피쉬가 높았으며, 안개 걸히기와 시점변화, 초롱아귀, 그리고 대왕오징어와 가자미 순서로 높게 나타났다. Exploration Task에서는 가오리에서 도약수가 가장 많았고, 그 다음으로 시점변화, 가자미 순서로 나타났으며, 전반적으로 이벤트 외적인 다양한 시점 (즉, 엔젤피쉬 후, 가자미 후, 대왕오징어 후 등)에서 높게 나타났다.

4.4. 시선추적

전체 피험자의 시선추적에서 피험자의 시선이 얼마나 오랫동안 머물고 있는지를 비교분석한 결과, 실험 중 시선추적기에서 발생한 에러를 제외하고 Guided Search Task에서 평균 201번, Exploration Task에서 평균 205번으로 이 둘 간 큰 차이가 없었다.

10초 단위 분석에서는 Guided Search Task와 Exploration Task 모든 경우 시선의 머물름 횟수가 가자미 이벤트 전후와 대왕오징어 이벤트에서 다른 구간보다 상대적으로 높게 나타났다. 특히 대왕오징어 이벤트에서 피험자의 왼쪽에서 갑자기 오징어가 나타나서 먹물을 뿌리고 오른쪽 바위 뒤로 재빨리 도망가는 상황을 보여주었는데 Guided Search Task나 Exploration Task 모두 실험 시 관찰자들이 보았을 때 대부분의 피험자들이 이 도망가는 대왕오징어를 잡으려고 안간힘을 썼던 것을 보았으며, 시선추적 시점 패턴 결과가 오징어를 따라가고 있는 모습이나 머무른 정도가 가장 높았던 것과 일치함을 보여준다.

각 피험자별 시점 패턴을 분석해본 결과 대부분 피험자들의 시선이 Guided Search Task 경우 VR 이벤트 시점에서 물고기의 움직임과 함께 시선이 머물러 있음을 알 수 있었다. 특히, 가오리의 경우 화면의 가운데 먼 곳에서 나타나 피험자들을 향해 다가온 후에 촉각피드백을 주는 장면을 연출하였는데 이 때 대부분의 피험자들은 화면의 가운데만 응시하고 있는 모습을 보여주었다.

4.5. 가상환경에서 학습자의 탐사경로

가상환경에서 학습자가 돌아다니는 탐사경로를 전체적으로 분석했을 때, Guided Search Task에서는 다섯 가지 물고기가 있는 VR 이벤트 지역을 중심으로 돌아다녔고 Exploration Task에서는 보다 넓은 지역을 자유롭게 탐색한 것으로 나타났다. 또한 Guided Search Task에서 피험자들이 좀 더 한 곳에 오래 머물러 있었고 Exploration Task에서는 좀 더 멀리 돌아다닌 것으로 나타났다.

가상환경을 5x10 지역으로 나누어 피험자들이 주로 어느 지역에 머물러 있었는지를 분석해본 결과, Guided Search Task에서는 피험자들이 50 지역 중에서 40지역을 돌아다녔고 특히 이벤트 발생지역인 (200, -600)에서 (400, 400) 지역과 (600, -200)에서 (800, 200) 지역에 머물러 있었다. Exploration Task에서는 피험자들이 가상환경의 50구간 전 지역을 두루두루 돌아다녔으며 Guided Search Task보다는 약하지만 이벤트와 관련된 (200, -200)에서 (400, 600) 지역과 (600, -200)에서 (800, 200) 지역에 좀 더 머물러 있었다.

또한 피험자들이 가상환경의 특정 지역에서 오랫동안 머무른 정도 분석을 위하여 피험자들이 가상환경에

서 돌아다니는 경로를 10초 단위로 평균을 내어 두 지점간의 거리를 비교해 보았다. 그 결과 Guided Search Task에서는 두 지점간의 거리가 30m 이하(즉, 좀 더 멀리 다니지 않고 근처에 머물러 있었던 것을 보여줌)의 빈도수가 Exploration Task에 비해 약 2배 이상 많았다. 그와는 달리 Exploration Task에서는 두 지점간의 거리가 150m~200m(즉, 좀 더 멀리 다니고 있는 모습을 보여줌)의 빈도수가 Guided Search Task에 비해 약 1.5배 정도 더 많았다.

4.6. 즉석사진

즉석사진에 대한 통합적인 비교분석 결과에서 즉석사진 찍은 횟수는 Guided Search Task에서 피험자들 전체 합계 66번과 평균 3.88번으로 나타났으며, Exploration Task에서 합계 113번과 평균 6.64번으로 나타났다. 따라서 피험자들이 Guided Search Task보다 Exploration Task에서 즉석사진을 더 많이 찍은 것을 알 수 있었다.

표 5. 즉석사진 찍은 횟수 평균 (횟수)
Table 5. Average Number of Snapshots

	Guided	Exploration	평균(횟수)
Exploration ->Guided	3.38번	8.25번	5.81번
Guided ->Exploration	4.33번	5.22번	4.77번
평균(횟수)	3.88번	6.64번	

표 5에서 보이듯이 학습순서에 따라서 찍은 사진의 양이 달라졌는데 특히 Exploration Task 후 Guided Search Task 학습한 경우 Exploration Task에서 평균 8.25번 즉석사진을 찍었던 반면, Guided Search Task에서는 평균 3.38번 찍어서 그 횟수가 급감한 것을 알 수 있다. 반면 Guided Search Task 후 Exploration Task를 학습한 경우 Guided Search Task에서 평균 4.33번 찍었고 Exploration Task에서 평균 5.22번 찍어서 큰 차이를 보이지 않았다.

피험자들이 찍은 사진의 내용을 Guided Search Task에서만 보았더니, 제일 많이 찍은 순서대로 나열했을 때 가오리, 가자미, 엔젤피쉬, 해마, 초롱아귀, 바다뱀장어, 오징어, 경치, 산호초, 바다거미로 나타났다. Exploration Task 만에서는 제일 많이 찍은 순서대로 나열했을 때 가

오리, 초롱아귀, 바다거미, 엔젤피쉬, 경치, 가자미, 바다뱀장어, 심해경치, 산호초, 해마, 오징어로 나타났다. 따라서 전체적으로 보았을 때 즉석사진에 찍힌 대상물로 가오리, 엔젤피쉬, 초롱아귀, 가자미, 해마가 상위권에 순위 되었다.

또한, 피험자들 중에 한 대상물에 대해서 첫 번째와 두 번째 가상현실 학습에서 다시 찍은 경우를 살펴보았더니, 가오리 6명, 엔젤피쉬 4명, 해마 4명, 초롱아귀 3명, 가자미 3명, 그 외에 산호초, 바다뱀장어, 오징어, 경치 등으로 나타났다.

4.7. 실험 후 설문조사에서 나타난 기억정도

가상현실 해양생물 생태계 체험학습 실험 후 설문조사에서 기억한 내용을 전체적으로 분석해 본 결과, 가장 기억에 남는 장면부터 순서대로 적으라는 질문에 전체 17명이 2번의 설문조사 답변한 것 중 가오리와 대왕오징어가 가장 높은 순위로 각각 16번 언급되었다. 그 다음으로 초롱아귀가 11번, 해마가 9번, 엔젤피쉬와 가자미가 각각 6번씩 언급되었다.

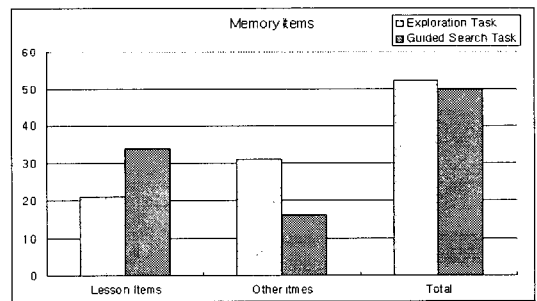


그림 5. 가상현실 학습후 기억량 및 기억 내용
Fig. 5 Average Number of Memory Items After VR exposure

그림 5는 Guided Search Task와 Exploration Task 후에 기억한 내용을 비교 분석한 결과이다. Lesson Items은 VR 이벤트와 관련된 물고기이고, Other Item은 그 외적인 것이다. 전체적인 기억량에서는 Exploration Task에서 52번과 Guided Search Task에서 50번으로 두 방식 간의 큰 차이를 보이지 않았으나, Guided Search Task 후에 VR 이벤트와 관련된 물고기를 34번 집중적으로 기억한 반면, Exploration Task 후에 이벤트 외적인 경치나 산호초와 같은 주변 환경을 31번 더 기억하였다.

학습순서에 따른 비교 분석한 결과에서는 기억량에는 차이가 없으나 기억한 내용에서 큰 차이를 보였다. Exploration Task 후 Guided Search Task 학습순서를 가진 피험자들은 전체 53개 기억한 것 중 이벤트 33개, 이벤트 외적인 내용 20개로 이벤트에 대해 더 기억하는 모습을 보였다. 그와는 달리, Guided Search Task 후 Exploration Task 학습순서를 가진 피험자들은 총 49개 중 이벤트 외적인 내용 27개, 이벤트 22개로 이벤트 외적인 내용을 좀 더 기억하게 했다.

Exploration Task 후 Guided Search Task로 진행한 경우, 총 53개 기억한 내용 중에 두 실험 후 기억한 내용은 26개였다. 그리고 처음 Exploration Task 후에만 기억한 (즉, Guided Search Task 후에는 언급되지 않은) 내용은 14개로 전부 이벤트 외적인 것에서 나타났다. 또한, Exploration Task 후에는 언급되지 않았다가 Guided Search Task 후에 추가로 언급된 내용은 13개(이 중 이벤트와 관련된 것 9개)였다.

Guided Search Task 후 Exploration Task 학습순서의 경우, 총 49개 기억한 내용 중에 두 실험 후 기억한 내용은 14개에 불과했다. 그리고 처음 Guided Search Task 후에만 기억한 내용은 17개 (이중 이벤트와 관련된 것 9개)였다. Exploration Task 후에만 추가로 기억된 내용은 18개 (이벤트와 관련된 것 5개와 이벤트 외적인 것 13개)가 추가되었다.

따라서 Exploration Task 후 Guided Search Task로 학습할 때 학습자들이 이벤트 내용에 좀 더 관심을 갖도록 만든 것으로 보이며, 특히 Exploration Task 후 기억했던 내용은 Guided Search Task 후에도 많이 기억했으며, Exploration Task에서 미처 놓쳤던 이벤트 관련 내용을 Guided Search Task 후에 확실히 기억하게 만들었다. 그와는 반대로 Guided Search Task 후 Exploration Task로 학습할 때는 결국 이벤트 외적인 내용을 더 기억하게 만들었다. 또한 Guided Search Task 후 기억한 내용을 Exploration Task 후에도 지속적으로 이어가지 못하고 이벤트 외적인 내용을 더 추가하는 쪽으로 이끌었던 것을 알 수 있다.

V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 가상환경에서 학습자 주의도와 학습

후 남은 기억량 분석을 위한 실험 연구 분석결과를 논하였다. 학습자의 주의를 끄는 요소 분석을 위하여 총 다섯 가지의 자극과 관련된 이벤트로 구성된 가상환경에 피험자들 17명에게 Guided Search Task 방식과 Exploration Task 방식을 임의 순서로 제공하였다. 실험 시 생체신호를 이용하여 피험자의 주의측정을 하였고 실험 후 설문 조사를 통하여 기억하는 내용을 기록하였다. Guided Search Task에서는 이벤트에 대한 명시적이며 구체적인 목표를 사진과 음성 설명이 함께 질문으로 제공하면서 이벤트 지역으로 강제 이동시킨 반면, Exploration Task 방식에서는 학습자가 구체적이며 명시적 목표 없이 자유탐사를 통해 자신의 관심분야를 학습하게 하였다.

실험결과 분석을 통하여 Guided Search Task와 Exploration Task 방식 간의 차이와 이 두 방식을 합쳐서 학습방식의 순서를 달리했을 때 학습효과에 차이가 있음을 밝혀냈다. Guided Search Task는 교육사키고자 하는 이벤트로 학습자의 주의를 끄는데 효율적이었고 이벤트 내용을 많이 기억하게 했다. 반면 Exploration Task는 이벤트와 이벤트 외적인 것 모두를 비교적 광범위하게 기억한 것으로 나타났다. 더욱 흥미로운 결과는 Exploration Task 방식을 Guided Search Task 방식보다 앞서 진행한 경우에 먼저 한 자기 주도적 학습이 사전예비 학습효과를 가져와서 나중에 가이드를 통하여 집중적이며 효율적인 학습을 유도하여 전반적으로 학습자들의 주의가 높아지고 학습 후 기억내용도 많았고 학습사키고자 하는 이벤트 내용을 더 많이 기억한 것으로 나타났다.

10초 단위 구간 분석을 통하여 Guided Search Task에서는 이벤트와 질문이 나타나는 구간에서 주의집중과 관련 있는 뇌파 SEF50% 지수와 피부저항도(GSR)의 도약수가 높게 나타난 것을 알 수 있었다. 또한 피험자들 시선의 머물름이나 가상환경에서 탐사경로 움직임과 즉석사진 내용 그리고 학습 후 기억하는 내용 모두 VR 이벤트를 중심으로 나타난 것을 알 수 있었다. 반면 Exploration Task에서는 뇌파 SEF50% 지수, 심전도 RRV LF/HF, 피부저항도 도약수가 비교적 낮게 나타났으며, 피험자들이 상당히 넓은 가상환경을 두루 두루 살펴 보면서 즉석사진도 많이 찍었으며 이벤트 외적인 내용도 상당히 많이 기억한 것을 알 수 있었다.

특히 Exploration Task 후 Guided Search Task으로 학습순서를 가진 경우 Exploration Task 때 자유롭게 가상환

경을 탐사하면서 사진도 많이 찍었는데 Guided Search Task 때 VR 이벤트에 좀 더 집중하여, 결론적으로 두 번의 가상현실학습 후 교안의 내용인 VR 이벤트를 좀 더 많이 기억하게 한 것으로 보인다. 본 연구 결과를 바탕으로 추후에 가상현실 환경에서 자기 주도형 학습 후에 학습시키고자 하는 내용을 좀 더 강화해줄 수 있는 방법에 대하여 연구를 진행하고자 한다.

저자소개

박 경 신(Kyoung Shin Park)



1991년 덕성여자대학교 수학과 이학사
1997년 University of Illinois at Chicago
전기전자 컴퓨터과학과 공학
석사

2003년 University of Illinois at Chicago 컴퓨터과학과
공학박사

2004년 - 2006년 한국정보통신대학교 디지털미디어
연구소 연구교수

2007년 - 현재 단국대학교 공학대학 멀티미디어공학
전공 전임강사

※관심분야: 가상현실, 게임, HCI, 감성공학, 교육용시
뮬레이션, 에듀테인먼트, 인터랙티브 미디어

참고문헌

[1] M. Bricken. "Virtual Reality Learning Environments: Potential and Challenges", Proceedings of the SIGGRAPH91, (pp. 178-184), ACM SIGGRAPH, 1991

[2] B.-H. Cho et al., "Attention Enhancement System using Virtual Reality and EEG Biofeedback", Proceedings of the IEEE Virtual Reality, 2002

[3] A.-T. Duchowski. "A Breadth-First Survey of Eye Tracking Applications", Behavior Research Methods, Instruments, & Computers (BRMIC), 34(4), November, pp.455-470, 2002

[4] Pape, D., Anstey, J., Carter, B., Leigh, J., Roussou, M., Portlock, T., "Virtual Heritage at iGrid 2000," In Proc. of INET 2001, Stockholm, Sweden, 5-8 June 2001

[5] G. Schwarz. "Specific Problems in Interpretation of Absolute Values of Spectral Edge Frequency (SEF) in comparison to Bispectral Index (BIS) for Assessing Depth of Anesthesia". The Internet Journal of Neuromonitoring ISSN: 1531-30

[6] S.-I. Hjelm, C. Browall. "Brainball using brain activity for cool competition". Media lab Europe

[7] D. Chen and R. Vertegaal. "Using Mental Load for Managing Interruptions. Physiologically Attentive User Interfaces", 2004

[8] J. A. Healey. "Wearable and Automotive Systems for Affect Recognition from Physiology". PhD thesis at the MIT, 2000

[9] Goo, J., Park, K., Park, J., Lee, M., Hahn, M., Ahn, H., Picard, R., Effects of Guided and Unguided Style Learning on User Attention in a Virtual Environment, International Conference on E-learning and Games, April 16-19, 2006