

2023년 추계학술발표대회 : 일반부문

# VR 기반의 도심 가로에서 단계별 디테일 변화에 따른 EEG 반응 비교 분석

## Comparative analysis of EEG reactions to developed detail changes in a VR-based urban street

○김 소 영\*      최 규 진\*      정 유 미\*\*      남 기 정\*\*\*      이 종 호\*\*\*\*      손 동 욱\*\*\*\*\*  
Kim, So-Yeong    Choi, Kyu-Jin    Jung, Uemec    Nam, KiJung    Lee, Jong-Ho    Sohn, Dong-wook

### Abstract

In this study, EEG was measured after users experienced urban streets with progressive changes in detail through VR. The aim was to understand the extent to which people perceive visual changes in developing details on a virtual urban street. The study found that high levels of 'engagement' and 'focus' were recorded during four stages where material and glass reflection were displayed. In contrast, it was analysed that the data for the emotion 'stress' was higher in the fifth stage, which was the most realistic. The results of the experiments are expected to be useful in planning the appropriate level of virtual space in preparation for the virtual urban space to be developed in the future.

키워드 : 뇌파, 가상현실, 건축 공간, 도심 가로

Keywords : EEG, Virtual Reality, Architectural Space, Urban Street

### 1. 서론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

2020년 코로나 확산 이후, 비대면 산업의 성장과 디지털 전환으로 인해 가상 공간에 대한 관심은 커지고 있다. 최근에는 AR과 VR이 결합된 XR 메타버스 플랫폼이 등장하면서 단일 공간으로 제한되었던 가상현실에서의 경험이 도시 규모로 확장되고 있다. 이에 따라 현실과 유사한 가상 도시를 구축하고 체험하는 경우가 증가하고 있다. 이러한 가상 도시를 체험하는 사용자는 현실과 가상현실과의 차이가 적을수록 즉, 현실감이 높을수록 만족도가 높아진다(Park et al, 2007). 그리하여 가상 도시의 현실감을 높이기 위해서 공간을 구성하는 시지각적 요소들을 구축한다. 하지만 무조건적인 재현은 오히려 VR 멀미를 유발하고, 부자연스러운 움직임이나 컴퓨터 성능에 따른 해상도 등의 문제로 인해 몰입감을 떨어트린다(Shin, 2005). 그러므로

가상 도심에서 몰입감을 높일 수 있는 가장 적절한 정도를 찾는 것이 중요하다. 하지만 가상현실에서 도시를 구현하는 단계나 수준에 관한 연구는 미흡한 상황이다. 본 연구에서는 VR 기반의 도심 가로를 단계별로 구축하고, 사용자가 도심 가로의 단계별 디테일 변화를 시지각적으로 받아들일 때의 변화 정도를 뇌파(EEG)를 활용하여 객관적으로 분석하고자 한다.

#### 1.2 건축-뇌파(EEG) 선행 연구 고찰

연구를 진행하기에 앞서 건축-뇌파(EEG) 관련 선행 연구를 검토하였다. 김형준, 전한중(2018)은 도시의 주변 환경에 대한 뇌파 데이터를 기반으로 건축 파라메트릭 디자인 매스를 검증하였고, 임병혁, 전한중(2017)은 1인 주거 공간을 POE와 CFD로 평가하고 뇌파를 통해 stress와 relaxation의 증감률을 비교하였다.

VR을 활용하여 공간에 대한 뇌파를 측정하는 선행 연구도 고찰하였다. 김정기 외(2018)는 현실과 VR 공간에서의 뇌파 평균값을 분석하여 사용자의 감성이 반영된 공간 계획 가능성을 보여주려고 하였다. Anders Hermund 외(2019)는 VR과 뇌파를 통해 3D 모델에서 몰입감을 전달할 수 있는 세부사항을 찾고자 하였다.

선행 연구들을 검토한 결과, 가상의 건축 공간을 대상으로 인간의 인지와 감정을 측정하고자 뇌파를 사용하여 실험하는 연구가 진행되고 있음을 파악하였다. 또한, Emotiv PRO에서 제공하는 6가지 인지 및 감정 지표 중 각 연구에 적절한 지표를 선정하여 실험자의 뇌파를 비교 분석하였다. 이를 통해 가상 공간에서의 경험과 특정 감정적 반응의 연결 가능성을 보여주었다. Emotiv PRO에서 소개하는 지표들의 특징은 표 1과 같다.

\* 연세대 대학원 석사과정

\*\* 연세대 대학원 석·박사통합과정

\*\*\* 연세대 대학원 박사과정

\*\*\*\* 한국건설기술연구원 전임연구원, 연세대 대학원 박사과정

\*\*\*\*\* 연세대 건축공학과 정교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Yonsei University, sohndw@yonsei.ac.kr)

이 연구는 과학기술정보통신부 한국건설기술연구원 연구운영비지원(연구개발특성사업) 사업으로 수행되었습니다. (과제번호 20230393-001, 사용자 뇌파 검측을 통한 BIM 기반 Urban Metaverse 평가모델 연구 기획)

표1. Performance metrics of Emotiv PRO v3.0

구분	내용
Engagement (몰입)	순간의 몰입도를 측정하며 주의와 집중력이 혼합되어 지루함과 대조를 이루는 지표
Excitation (흥분)	긍정적인 가치를 지닌 생리적 각성 의식이나 감각을 나타내며 생리적 각성의 증가가 클수록 출력 점수도 높아짐
Focus (집중)	특정 작업에 대한 고정된 주의 척도
Interest (관심)	현재 자극, 환경 또는 활동에 대한 매력 또는 혐오의 정도를 나타내며 점수가 낮으면 강한 거부감을 나타내는 것임
Relaxation (이완)	집중을 끄고 회복하는 능력의 척도
Stress (스트레스)	얼마나 편안한지를 측정하며 높은 스트레스는 압도감을 느끼고 부정적인 결과에 대한 우려에서 발생할 수 있음

## 2. 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 가상 공간에서 구현할 수 있는 공간 요소들 중 물리적으로 조절할 수 있는 요소들을 선정하여 특성에 따라 몇 가지 단계들로 나누었다. 1단계(기본 매스), 2단계(개구부, 건물 입면 형태, 높이), 3단계(외장재, 창틀, 색채, 도로 타일 등 재질 적용), 4단계(유리 반사, 재질 구체화), 5단계(가로 시설물, 조정 등 현실 디테일 추가)로 구성하였으며, Twin motion으로 단계별 VR 공간을 구축하였다. Vive Pro2를 사용하여 가상의 도심 가로를 체험하였고 SSVEP 지수가 95.83±3.59% 정확하다고 확인된 Emotiv의 epos+ 장비의 14개 채널과 2개의 참조 채널을 통해 뇌파를 측정하였다(YueLiu et al, 2012). 측정된 뇌파 데이터는 Emotiv PRO에서 정리해주는 6가지 Performance metrics를 활용하여 분석하였다.

## 3. 실험 및 결과

### 3.1 뇌파 실험

실험은 Y대학교 제1공학관 602호에서 만19세-35세의 성인 15명을 대상으로 실시하였다. 실험 프로세스는 그림 1과 같으며 사전 설명을 통해 실험의 오류를 최소화하였고, 실험에 집중할 수 있도록 방해되는 요소를 차단하였다. 또한, 배경 뇌파를 1분 동안 측정하여 평소 뇌파 상태를 확인하면서 안정을 취하도록 하였다. 이후, 단계별 가상의 도심 가로를 각각 10초씩 측정하였다. 측정한 뇌파 데이터들은 실험 종료 후 비교 분석하였다.

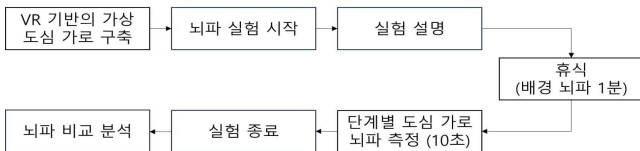


그림1. 실험 프로세스

### 3.2 뇌파 실험 분석 결과

피실험자 15명의 6가지 인지 및 감정 데이터의 평균값을 단계별로 비교하였다. (표 2) Engagement는 2단계>4단계>3단계>5단계>1단계 순으로 높게 나타났다. 단순 매스 형태에서 개구부, 건물의 굴곡 등의 생성되는 2단계와 재질, 유리 반사

등이 구체화되는 4단계의 변화에서 몰입감이 상승한 것으로 보인다. Excitation과 Interest는 1단계에서 가장 높은 값을 보였는데, 이는 VR 체험 시 생기는 흥미와 관심이 영향을 미친 것으로 판단된다. Focus는 집중도를 나타내는 지표로서 4단계에서 가장 높은 것으로 나타났다. 반면에 현실과 가장 유사하게 구현된 5단계는 다른 지표보다 Stress에서 가장 높은 값을 보였다. 이는 현실감을 높이기 위해 구현된 많은 시지각적 요소들이 오히려 인지 및 감정에 영향을 준 것으로 분석된다.

표2. 뇌파 데이터 비교

뇌파 (%)	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
Engagement	51.333	65.667	62.867	63.167	61.333
Excitation	19.333	17.100	17.667	17.500	17.333
Focus	29.267	34.200	36.433	36.867	35.600
Interest	55.067	55.067	53.533	54.033	53.667
Relaxation	32.800	23.033	21.633	21.067	22.600
Stress	34.200	34.667	35.367	35.700	35.933

## 4. 결론

본 연구에서는 VR과 뇌파를 활용하여 변화하는 가상 도심 가로에서 사람이 느끼는 주요 인지 및 감정적 데이터를 측정하였다. 이를 통해 현실과 가까운 단계에서 몰입, 집중, 흥미의 값은 낮고 스트레스가 높게 나타나는 것을 볼 수 있었다. 이는 앞으로의 가상 공간에서 현실감 향상을 위한 적절한 디테일 단계를 확인하는 것이 필요함을 보여주었다. 또한, 사용자가 가상 공간을 체험할 때 시지각적으로 받아들이고 느끼는 감정들을 분석하는 것이 필요하다는 것을 검증하면서 향후 가상현실에서 공간 구축 시 참고할 수 있는 자료가 될 것으로 기대한다.

## 참고문헌

- 김정기, 장선우, & 전한중. (2018). 현실과 가상현실 공간 뇌파 (EEG) 데이터 비교 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 38(1), 107-110.
- 김형준 & 전한중. (2018). 도시 공간 경험자의 뇌파를 활용한 건축 파라메트릭 디자인 방법 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 38(2), 11-14.
- 박정철, 한성호, 김정현, 이승용, 홍상우, 조동식, & 박지혜. (2003). 시각적 이미지의 현실감에 따른 사진 관련 뇌전위의 변화에 대한 연구. 한국정보과학회 학술발표논문집, 125-130.
- 신유진. (2005). 가상현실에 구현된 실내 공간의 현실감 향상을 위한 기초연구. 대한건축학회 논문집-계획계, 21(7), 11-18.
- 임병혁, & 전한중. (2019). POE와 CFD를 통한 환기 성능별 1인 주거 뇌파 비교 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 39(1), 316-319.
- EmotivPRO v3.0. (n.d.). Performance Metrics. Retrieved September 30, 2022, from <https://www.emotiv.com/knowledge-base/performance-metrics>
- Hermund, A., Jensen, M. M., & Klint, L. (2019). The Neurological Impact of Perception of Architectural Space in Virtual Reality: Virtual Reality with Building Information Modelling and EEG.
- Liu, Y., Jiang, X., Cao, T., Wan, F., Mak, P. U., Mak, P.-I., & Vai, M. I. (2012). Implementation of SSVEP based BCI with Emotiv EPOC. 2012 IEEE International Conference on Virtual Environments Human-Computer Interfaces and Measurement Systems (VEHIMS) Proceedings,