

# 유발뇌파를 이용한 3D 인지피로 평가

## Evoked potential-based evaluation for cognitive fatigue caused by stereoscopic 3D

문성철<sup>1</sup>, 황민철<sup>2</sup>, 박상인<sup>1</sup>, 이정년<sup>1</sup>

<sup>1</sup>상명대학교 감성공학과, <sup>2</sup>상명대학교 디지털미디어학부

**Key words:** SSVEP, ERP, Cognitive fatigue, Stereoscopic 3D, Spatial attention

### 1. 서론

과거 3D 산업은 기술적인 한계로 인해 크게 부흥하지 못하였지만, 현재 3D 관련 기술이 급속도로 발전함에 따라 관련 산업에 대한 관심과 수요가 다시 한번 증대되고 있다. 그러나, 이러한 기술적인 진보에도 불구하고 입체영상이 유발할 수 있는 인체안전성에 대한 원인 규명과 명확한 가이드라인은 수립되어 있지 않은 실정이다. 3D 시청 안전성 확보를 위해서는 많은 실증적인 연구들이 수행되어 생체에 유해한 영향을 미치는 유해 요소들과 최적 시청 파라미터를 규명하는 것이 선행되어야 한다. 이를 위해, 일부 연구들이 2D 및 3D 환경에서 객관적, 주관적 피로평가방법을 제 제안해왔다(Lee et al., 2010; Li et al., 2008; Kuze & Ukai, 2008). 현재까지 제안된 피로 측정 방법들은 주로 기억에 의존하는 주관적 피로 평가법만을 이용하거나 시각기능 혹은 뇌의 인지기능 각각에 대한 제한적인 접근을 통해서 피로를 평가해왔다.

### 2. 연구목적

3D 정보처리는 인지 처리과정과 밀접한 연관이 있기 때문에 시각피로는 단순한 눈의 피로가 아닌 인지에 부하가 발생하여 유발된 인지피로라 할 수 있다(Lambooj et al., 2009). 이러한 3D 인지피로를 신뢰성 있게 측정하기 위해 고차원적 인지반응뿐만 아니라 저차원적 인지반응도 고려해야 한다. 따라서, 본 연구는 기존 연구의 한계점을 개선하여 인지적 차원에서의 시각피로 평가방법을 제안하고자 한다. 이를 위해, 저차원적 인지반응의 지표라 할 수 있는 SSVEP(steady-state visual evoked potential)와 고차원적 인지반응을 나타내는 ERP(event-related potential)를 동시에 3D 시청

전후에 측정하여 인지피로를 평가한다. 선행연구에 근거한 본 연구의 가설은 다음과 같다.

- H<sub>1</sub>: 3D 시청으로 인해 인지피로가 유발될 경우 ERP amplitude가 감소하고 latency가 지연될 것이다.
- H<sub>2</sub>: 3D 시청 후에 인지피로가 발생할 경우 SSVEP의 신호 대 잡음비가 감소할 것이다.

$$S/N \text{ ratio} = \frac{\sum_{i=1}^3 \text{Max}(\text{Attended } [i \pm \Delta f])}{\sum_{i=1}^3 \text{Max}(\text{Ignored } [i \pm \Delta f])}$$

- 신호: 집중한 방향의 Hz에 해당하는 최대파워 값과 조화주파수들(3 조화 주파수까지)에 해당하는 파워 값의 합
- 잡음: 무시된 방향의 Hz에 해당하는 최대파워 값과 조화주파수들(3 조화 주파수까지)에 해당하는 파워 값의 합

### 3. 연구방법

#### 3.1. 피험자

시력(또는 교정시력) 0.8 이상인 9명(여:4, 평균나이 22.11±1.76)의 입체시 정상인이 본 실험에 참여하였다. 모든 피험자는 간질이나 정신병력등의 질환이 없었고, 실험 전날 12시간 전부터 카페인, 음주, 알코올 섭취를 금하도록 요청받았다. 본 실험에 참가한 모든 피험자로부터 연구목적의 제외된 실험에 대한 대략적인 사항에 대해 설명한 후 자발적 의지에 대한 피험자 동의서를 얻었다. 본 연구의 실험절차는 헬싱키 선언에 입각하여 상명대학교 생명윤리위원회의 심의를 거쳐 진행되었다.

#### 3.2. 실험자극 및 절차

ERP와 SSVEP를 동시에 측정하기 위해 선행논문을 참고하여 자극을 구성하였다(Toffanin et al., 2009, Morgan et al., 1996).

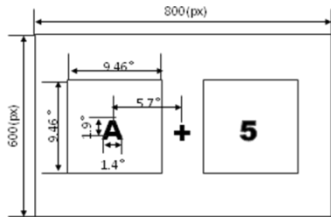


그림 1. 자극의 위치 및 구성

SSVEP 를 효과적으로 측정하기 위해 17 인치 CRT(수직 주파수 120Hz, 해상도 800x600) 모니터 좌우에 각각 8.57Hz 와 10Hz 의 속도로 흰색 (RGB:255,255,255)과 검정색(RGB:0,0,0) 사각형이 전환되는 Background Flicker 자극이 제시되었다. SSVEP 를 측정함과 동시에 ERP 를 측정하기 위해 표준자극 11 개(A 부터 K 까지)와 표적자극 1 개(숫자 5), 총 12 개의 문자 숫자열이 6Hz 의 속도로 배경 플리커의 가운데에 랜덤하게 업데이트 되었다. 피험자의 테스트는 시선을 화면의 중앙에 고정된 채로 집중을 지시된 방향으로 나누는 것이었다. 본 실험에 이용된 실험 절차는 그림 2 와 같다.

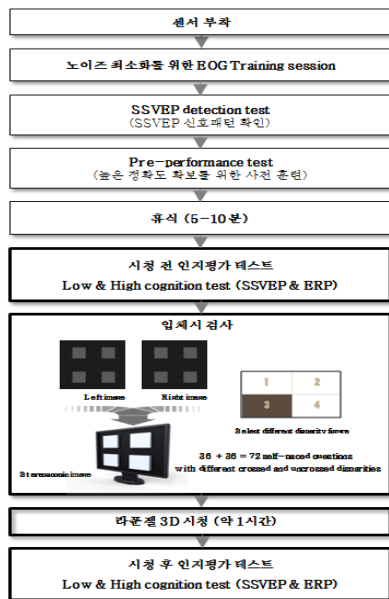


그림 2. 실험 절차

#### 4. 결과

Bonferroni correction(1 중 오류 통제)을 적용한 Paired t-test 와 Wilcoxon's Matched-Pairs Signed-Ranks Test 분석결과는 다음과 같다. ERP amplitude 는 3D 시청 후에 P<sub>4</sub>, O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub> 지점에서 유의하게 감소하였다(P<sub>4</sub> (t(8) = 2.714, p = .013,

Cohen's d = 0.939), O<sub>1</sub> (t(8) = 3.211, p = .006, Cohen's d = 2.326), and O<sub>2</sub> (t(8) = 3.419, p = .004, Cohen's d = 2.138). ERP latency 는 O<sub>2</sub> 지점에서 유의하게 지연되었다. SSVEP S/N ratio 의 분석결과, 8.57Hz 에 집중했을 경우에만 P<sub>4</sub>, O<sub>2</sub> 에서 유의하게 감소하였다(P<sub>4</sub> (Z = -2.192, p = .014, r = .731) and O<sub>2</sub> (Z = -2.547, p = .002, r = .849). 10Hz 에 집중했을 때의 SSVEP S/N ratio 에서 유의한 변화가 나타나지 않은 이유는 몰입 시 발생하는 Natural  $\alpha$  frequency 가 10Hz 대역에서 많이 나타나는 경향이 있기 때문에 이것이 노이즈로 작용했을 가능성을 배제할 수 없다. 따라서, 향후 주파수 Paring 을 바꾸어서 이 부분에 대한 검증이 이루어져야 할 것이다.

#### 5. 결론

본 연구에서 제안된 평가 방법을 적용함으로써 3D 영상 시청 후 인지적 피로의 유발여부를 평가할 수 있다. 또한, 3D 에 취약한 고위험군에 대한 분류를 하는데 기초적 자료를 제공하고 다양한 3D 생체 안전성(image safety) 유발 요인에 대한 다양한 상황에서의 피로 유발 여부를 테스트 해볼 수 있는 토대를 마련하는데 기여할 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

본 논문은 지식경제부 및 한국산업평가관리원의 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행한 연구로부터 지원받은 것임 [2010-10038745, 인체안전성을 위한 3D 기기/장비 중심의 휴먼팩터 연구]

#### 참고문헌

LAMBOOIJ, M., IJSSELSTEIJN, W., FORTUIN, M. & HEYNDERICKX, I. (2009). Visual Discomfort and Visual Fatigue of Stereoscopic Displays: A Review. Journal of Imaging Science and Technology, 53(3), 030201-14.

MORGAN, S. T., HANSEN, J. C. & HILLYARD, S. A. (1996). Selective attention to stimulus location modulates the steady-state visual evoked potential. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS), 93(10), 4770-4774.