



## EEG Variation Analysis on Difference of Autostereoscopic 3D Image Quality

Yoo-Joo Chio<sup>1,2</sup>, Jung-Keun Suh<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Division of Newmedia Content, Seoul Media Institute of Technology*

<sup>2</sup>*Immersive Media Lab, Seoul Media Institute of Technology*

### ABSTRACT

Various studies have been conducted to assess the effects of 3D contents with glasses using electroencephalogram (EEG), but there is a limited research for 3D contents using autostereoscopic display. In this study, we focused to study for sub-b wave frequencies, covering, SMR, M-beta, and H-beta frequencies and various indices of the EEG was used to evaluate stress, attention, relaxation, and vigilance upon quality variation of autostereoscopic 3D images. There were statistical significance for M-beta and H-beta powers when watching for low-quality 3D images were higher than those for high-quality. For various EEG indices, stress and attention indices show statistically significant differences between low and high resolution of 3D images. Stress and attention indices were increased when watching for low-quality 3D images. These results suggest that subjects viewing low-quality 3D contents through lenticular lens experience more discomfort or fatigue than those for high-quality, which resulting from the greater M-beta and H-beta powers for those watching low-quality 3D contents. In conclusion, these results confirm that EEG analysis can be used as a tool for evaluating visual fatigue or stress when watching autostereoscopic display with lenticular lens type.

© 2018 KKITS All rights reserved

**KEYWORDS:** Autostereoscopic 3D images, Lenticular lens types, Image quality, Subject test, Electroencephalogram (EEG),  $\beta$  wave, M-beta wave, H-beta wave

**ARTICLE INFO:** Received 2 January 2018, Revised 20 January 2018, Accepted 8 February 2018.

\*Corresponding author is with the Division of Newmedia, Seoul Media Institute of Technology, 99 Hwagok-ro

61-gil Gangseo-gu Seoul, 07590, Korea.  
E-mail address: jksuh@smit.ac.kr

## 1. 서론

최근 빠르게 발전하고 있는 영상기술의 적용으로 가상현실, 증강현실, 초고화질 (UHD) 및 무안경 3D 기술 등 관련 기술이 급속히 진화하고 있으며 이에 따른 3D 입체영상 콘텐츠의 적용 분야가 급성장하고 있다[1].

3D 입체영상 콘텐츠는 평면적 2D 콘텐츠와는 차별적으로 입체감을 제공함으로써 사용자에게 새로운 경험을 제공하고 있으며 이러한 새로운 경험은 현장감, 재현감, 실재감 등으로 표현되고 있다 [1,2]. 사용자가 경험하는 실재감은 콘텐츠를 통해 전달되는 현상에 대해 콘텐츠의 가상성을 인지하지 못하고 현실로 인식하는 과정에서 수반하는 다양한 생리 및 심리적 반응을 의미한다[1]. 3D 입체영상 콘텐츠를 통해 사용자는 2D 콘텐츠에서는 느낄 수 없었던 실재감을 경험하게 되지만 실재감과 함께 3D 입체영상 콘텐츠는 현기증, 두통, 어지러움, 눈의 피로와 같은 신체적인 반응을 유발하는 것으로 알려져 있다[3]. 이러한 반응은 3D 입체영상 콘텐츠에 대한 수용자의 시각적 인지적 차원에서 뇌활동 과정을 포함하는 신경생리학적 반응으로 감각 정보의 양과 이를 인지하는 뇌활동 사이에서의 처리 되는 감각 정보의 양의 불일치에 따른 것으로 이해되고 있다[3]. 이러한 뇌활동 인지과정의 상관관계로 인해 3D 입체영상 콘텐츠에 대한 휴먼팩터 연구에 뇌파 (electroencephalogram (EEG)) 분석이 많이 이루어져 왔다.

일반적으로 뇌파는 진동하는 주파수의 범위에 따라 5개의 특징적인 파형으로 구별되며 이러한 주파수 대역이 뇌의 기능적인 상태를 잘 표현하는 것으로 알려져 있다[4,5]. 이러한 5가지 특징적인 파형은 델타( $\delta$ )파 (0-4Hz), 세타( $\theta$ )파 (4-8Hz), 알파( $\alpha$ )파 (8-13Hz), 베타( $\beta$ )파 (13-30Hz), 감마( $\gamma$ )파 (30-50Hz)로 나뉜다[4,5]. 델타파는 숙면 상태에서

나타나는 뇌파로 알려져 있으며 정상 성인의 각성 시 나타나면 뇌종양 및 뇌염 등의 병적 판단근거로 활용되고 있다[6]. 세타파는 졸거나 깊은 명상시에 주로 발생하며 실망에 따른 정서 불안 시에도 나타난다. 알파파는 긴장이완이나 편안한 상태, 눈을 감은 상태 등 안정적인 상태의 뇌파로 알려져 있으며 베타파의 경우 긴장되거나 집중되는 정신활동 시 나타나 각성 및 스트레스 상태에서 주로 발생한다[7]. 감마파는 불안 흥분의 강한 스트레스 상태에서 많이 발생한다.

3D 입체영상 콘텐츠와 뇌파의 상관관계 분석에 대한 연구들이 최근에 많이 이루어지고 있다. 3D TV 시청 시 베타파의 크기가 2D 시청 시보다 증가하는 것으로 보고되었다[8]. 3D 입체영상 콘텐츠에 대해 사용자가 지각하는 입체감이나 시각 피로도, 안전성 등에 대해 뇌파신호를 활용한 객관적 평가 방법에 대한 연구들이 많이 수행되고 있다[9-12].

이와 같이 안경식 디스플레이를 대상으로 한 3D 입체영상 콘텐츠에 대한 사용자 평가는 다양하게 이루어지고 있지만 무안경식 디스플레이에 대한 사용자 평가는 제한적으로 이루어지고 있다. 시차장벽 방식의 디스플레이를 활용하여 무안경식 디스플레이에 대한 사용자의 피로도 분석을 설문조사 방식으로 수행되었으며 렌티큘러 방식의 디스플레이를 활용하여 제작한 인터랙티브 3D 시스템의 시각피로도 분석을 설문조사 방식으로 수행되었다[13,14]. 무안경 입체영상 분야에서의 사용자 평가가 일부 주관적 사용자 반응 분석을 통해 수행되었으나 생체 신호 분석을 통한 객관적 평가 방법에 대한 연구는 매우 미흡한 상황이다.

본 연구진은 무안경 3D 입체영상 콘텐츠의 영상 화질의 변화에 따라 사용자가 인지하는 반응의 차이를 평가하기 위하여 뇌파 측정 분석을 수행하여 베타파의 경우 왜곡입체영상에서 최적입체영상보다 통계적으로 유의미하게 높게 나타남을 확인하

였으며[15] 본 연구에서는 이를 확장시켜 뇌파 분석 데이터를 활용하여 다양한 지표에 대한 상관관계를 분석하였다.

본 논문은 2장에서 무안경 입체영상의 화질 변화에 따른 뇌파 분석을 위한 실험 및 분석 방법에 대해 제시하였으며 3장에서는 측정된 뇌파데이터의 분석 결과를 제시하였다. 또한 4장에서는 분석 결과를 기반으로 무안경 입체영상의 화질 변화에 따른 뇌파 변화의 상관관계를 고찰하였다.

## 2. 화질 변화에 따른 뇌파 반응 분석

무안경 3D 입체영상 콘텐츠의 영상 화질의 변화에 따른 사용자의 인지 반응과 뇌파의 상관관계를 밝히고자 <그림 1>과 같이 26명의 피험자를 대상으로 사용자 평가를 수행하였다.

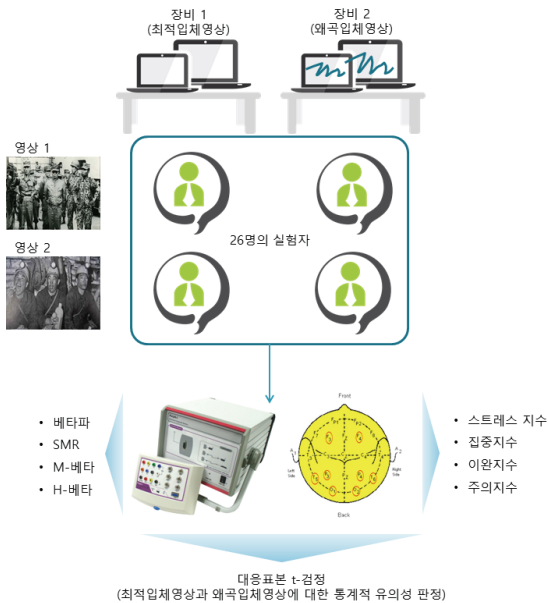


그림 1. 화질 변화에 따른 뇌파 반응 분석 개괄도  
Figure 1. Overview of EEG-based Evaluation of Autostereoscopic 3D Image Quality Variation

두 종류의 영상에 대해 왜곡입체영상과 최적입

체영상을 시청한 후 나타나는 인지 반응의 차이를 평가하기 위해 뇌파를 측정하고 측정된 뇌파로부터 frequency 대역을 추출하였으며 이로부터 스트레스, 집중, 이완, 주의 지표를 추출하여 실험 및 분석을 진행하였다. 화질변화에 따른 뇌파 변화의 상관관계는 대응표본 t-검정법을 사용하여 통계적 유의성을 판정하였다.

### 2.1 실험장치 및 자극 영상

피험자 군으로 남성 10명, 여성 16명 총 26명이 실험에 참여하였으며 20대 8명, 30대 13명, 40대 4명, 50대 1명이 본 실험에 참여하였다[15].

무안경 3D 입체영상 콘텐츠는 2개의 서로 다른 다시점 합성영상을 사용하였다. 영상 1은 영상의 깊이 정도가 상대적으로 깊은 입체 영상을, 영상 2는 영상의 깊이 정도가 상대적으로 낮은 인물이 확대된 입체 영상을 사용하였다[15]. 실험에 사용할 서로 다른 화질의 무안경 3D 입체영상 콘텐츠는 렌티큘러 렌즈의 속성과 디스플레이 장치의 속성에 맞게 적응적 서브픽셀 인터레이싱을 적용한 장비와 고정 가중치 서브픽셀 인터레이싱을 적용한 장비에서 각기 최적입체영상과 왜곡입체영상을 생성하였다[16].

2개의 실험영상에 대하여 최적입체영상 화질을 보여줄 수 있는 장비 (장비 1)와 영상의 화질을 떨어뜨린 왜곡입체영상 화질을 보여줄 수 있는 장비 (장비 2)에서 각기 2개의 다시점 합성 영상을 디스플레이 하도록 하고, 이를 실험참가자들이 시청하도록 하였다. <표 1>에 실험을 위해 사용된 장비의 사양이 나타나 있으며 <표 2>에 영상 정보가 나타나 있다. 렌티큘러렌즈를 5도 정도 회전시킨 후 화질변화를 유도하여 왜곡입체영상을 확보하였으며 왜곡입체영상의 경우 붉은색 원의 영역에서 심하게 깨진 화질을 보이는 영역들이 나타나고 있다.

표 1. 렌큘러 렌즈 시트와 디스플레이 장치의 속성  
Table 1. Properties of lenticular sheet and display device

	장비 1 (최적입체영상)	장비 2 (왜곡입체영상)
LPI of lenticular sheet	27.020	27.020
Slanted Angle	16.319	11.315
Display Dimension	15 inch	15 inch
Display Resolution	1366x768	1366x768
Display PPI	81.5187	81.5187

표 2. 장비 디스플레이에서 캡처한 실험에 사용된 영상 정보  
Table 2. Test images captured in front of the display device

	장비 1	장비 2
테스트 1		
테스트 2		
영상 1		
영상 2		

## 2.2 뇌파 측정

시청 시 뇌파 측정 장치를 통하여 실험참가자의 뇌파변화를 측정하였으며 8채널로부터의 뇌파 신호는 256Hz의 샘플링 주파수로 획득하였으며 12-bit AD 변환에 의해 raw data를 수집하여 저장하였다.

뇌파측정 장치로 (주)락싸 (Laxtha) 제품의 8채널 PolyG-1를 사용하였다. 뇌파 신호는 머리표면 8부위에서 단극유도 방식으로 측정하였으며 전극의

배치는 International 10-20 System[17]에 따라 F3, F4, T5, T6, P3, P4, O1, O2 위치에 측정전극을 부착하여 8개의 채널로부터 뇌파를 측정하였다.

본 연구에서는 뇌파 분석을 위해 (주)락싸에서 개발한 Telescan 소프트웨어를 사용하였다. 파워스펙트럼 분석을 수행하여 알파, 베타, 세타, 델타, 감마파에 대한 주파수 대역별 뇌파활동 크기를 확보하였으며 뇌파활동 크기의 개인적 차이를 보정하기 위해 각 주파수 대역별 상대값으로 환산한 상대강도를 사용하였다.

## 2.3 뇌파 분석

주파수 대역별 상대값으로 환산한 상대강도로부터 SMR파, M-beta파, H-beta파, 알파파 및 세타파를 구하고 이를 이용하여 스트레스, 집중, 이완, 주의를 나타내는 지표를 추출하였다.

스트레스 뇌파 지표는 속파에 해당하는 감마파의 영역이며 베타파도 스트레스 상황에서 발생하는 것으로 알려져 있으며 세타파 및 알파파는 스트레스 상황일 때 약해지는 경향이 있다[17].

집중지표는 베타파에 속하는 SMR파와 M-beta파와 관련이 있다. SMR파는 13~15Hz 사이의 뇌파로 각성 준비 상태 또는 운동계의 대기 상태로 주의 집중에 관련이 있으며 unfocused attention 성분을 반영한다. M-beta파는 15~20Hz 사이의 뇌파로 의식 활동 및 정신 활동 학습에 몰두한 상태일 때 주로 나타나며 focused attention 성분을 반영한다. 집중지표는 SMR파와 M-beta파에 대한 상대뇌파 측정값의 합을 세타파로 나눈 비율로 정의하였다 [18].

안정지표는 베타파에 속하는 H-beta파와 알파파와 관련이 있다. H-beta파는 20~30Hz 사이의 뇌파로 긴장이나 흥분 상태 혹은 스트레스 상태일 때 주로 나타나며 알파파는 정신 및 육체적 긴장이

이완되어 스트레스가 해소되는 것과 관련이 있다. 안정지표는 H-beta파에 대한 알파파의 비율로 정의하였으며 주의지표는 주의 및 경계 시에 나타나는 SMR파를 지표로 하였다[8].

스트레스지표를 구하는 식은 수식1, 집중지표를 구하는 식은 수식2, 안정지표를 구하는 식은 수식3, 그리고 주의지표를 구하는 식은 수식4와 같다.

$$\frac{\theta + \alpha + \beta + \gamma}{95} = \frac{(4 - 50\text{Hz의 상대크기})}{95} \quad (1)$$

$$\frac{SMR + M\beta}{\theta} = \frac{(12 - 20\text{Hz의 상대크기})}{(0 - 4\text{Hz의 상대크기})} \quad (2)$$

$$\frac{\alpha}{H\beta} = \frac{(8 - 12\text{Hz의 상대크기})}{(20 - 30\text{Hz의 상대크기})} \quad (3)$$

$$SMR = (12 - 15\text{Hz의 상대크기}) \quad (4)$$

통계분석을 위해 대응표본 t-검정법 (paired t-test)를 사용하였으며 뇌파로부터 추출된 스트레스, 집중, 안정, 주의 지표들이 통계적으로 유의성이 있는지를 판정하였다.

### 3. 연구 결과

#### 3.1 영상별 베타파 분석

26명의 피험자를 대상으로 왜곡입체영상과 최적입체영상을 시청한 후 나타나는 뇌파를 측정하고 측정된 뇌파로부터 베타파를 추출하여 무안경 3D 입체영상 콘텐츠의 영상 화질 변화와 사용자의 다양한 베타파에 대한 상관관계를 확인하였다.

최적입체영상과 왜곡입체영상에 시청 시 측정된 뇌파 전체 채널에 대한 평균 상대강도를 베타파

에 대해 분석하였다. 분석 결과 <표 3>과 같이 뇌파진동 중 베타파의 경우 두 종류의 영상에 대해 최적입체영상과 왜곡입체영상 사이에서의 유의확률이 0.05 미만으로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 확인되었다 .

표 3. 영상별 다양한 베타파의 평균 상대강도 및 t-검정 결과  
Table 3. Average of relative intensity of various beta waves and the result of t-test for test images

뇌파	영상	평균 상대강도		t	유의 확률
		최적 영상	왜곡 영상		
베타파 (13-30Hz)	영상1	0.1280	0.1519	-1.913	0.0336
	영상2	0.1325	0.1617	-1.965	0.0303
SMR (13-15Hz)	영상1	0.0321	0.0369	-1.304	0.1020
	영상2	0.0306	0.0357	-1.578	0.0636
M-beta (15-20Hz)	영상1	0.0389	0.0473	-2.011	0.0276
	영상2	0.0412	0.0502	-1.754	0.0459
H-beta (20-30Hz)	영상1	0.0684	0.0809	-1.805	0.0416
	영상2	0.0707	0.0880	-1.983	0.0292

베타파에 대해 더 구체적인 내용을 확인하기 위해 베타파 영역을 분할하여 SMR, M-beta파, 그리고 H-beta파에 대한 상관관계를 확인하였다. 확인 결과 <표 3>과 같이 SMR파의 경우 두 종류의 영상에 대해 최적입체영상과 왜곡입체영상 사이에서의 유의확률이 0.05 이상으로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 없음을 확인하였으며 M-beta파 및 H-beta파의 경우 두 종류의 영상에 대해 최적입체영상과 왜곡입체영상 사이에서의 유의확률이 0.05 미만으로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 있음을 확인하였다 .. 이러한 실험 결과는 왜곡입체영상 시청 시에 focused attention을 유발하여 M-beta파의 크기가 증가하며 왜곡된 입체영상 시청으로 인해 긴장에 따른 스트레스 유발로 인해 H-beta파의 크기가 증가하는 것으로 해석된다.

### 3.2 지표 분석

26명의 피험자를 대상으로 왜곡입체영상과 최적입체영상을 시청한 후 나타나는 뇌파를 측정하고 측정된 뇌파로부터 스트레스지표, 집중지표, 안정지표, 및 주의지표를 추출하여 무안경 3D 입체영상 콘텐츠의 영상 화질 변화와 사용자의 다양한 지표에 대한 상관관계를 확인하였다.

최적입체영상과 왜곡입체영상에 시청 시 측정된 뇌파로부터 추출된 스트레스지표에 대해 분석하였다. 분석 결과 <표 4>와 같이 최적입체영상과 왜곡입체영상 사이에서의 유의확률이 0.05 미만으로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 확인되었다. 이러한 실험 결과는 왜곡입체영상 시청 시에 영상의 왜곡에 따른 정보량이 높아짐에 따라 불안하거나 복잡한 사고를 더 많이 하는 것으로 이해할 수 있으며 스트레스도 더 증가하는 것으로 해석할 수 있다.

표 4. 영상별 다양한 지표의 평균 상대강도 및 t-검정 결과  
Table 4. Average of relative intensity of various indices and the result of t-test for test images

뇌파	영상	평균 상대강도		t	유의확률
		최적 영상	왜곡 영상		
스트레스지표	영상1	0.4299	0.4938	-1.715	0.0493
	영상2	0.4314	0.5011	-1.858	0.0375
안정지표	영상1	1.3795	1.4375	-0.272	0.3948
	영상2	1.1342	1.1548	-0.248	0.4032
집중지표	영상1	0.7193	0.9253	-1.996	0.0285
	영상2	0.7625	0.9742	-1.954	0.0310
주의지표	영상1	0.0321	0.0369	-1.304	0.1020
	영상2	0.0306	0.0357	-1.578	0.0636

최적입체영상과 왜곡입체영상에 시청 시 측정된 뇌파로부터 추출된 안정지표에 대해 분석하였다.

분석 결과 <표 4>와 같이 최적입체영상과 왜곡입체영상 사이에서의 유의확률이 0.05 이상으로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 없음을 확인하였다. 이러한 실험 결과는 입체영상을 시청하고 있다는 상황자체가 안정 상태이기 보다는 뇌의 적극적 활성 상태이기 때문으로 해석할 수 있다.

최적입체영상과 왜곡입체영상에 시청 시 측정된 뇌파로부터 추출된 집중지표에 대해 분석하였다. 분석 결과 <표 4>와 같이 최적입체영상과 왜곡입체영상 사이에서의 유의확률이 0.05 미만으로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 확인되었다. 이러한 실험 결과는 왜곡입체영상 시청 시에 영상의 왜곡에 따른 정보량이 높아짐에 따라 이를 이해하기 위해 더 많은 집중을 하게 되는 것으로 해석할 수 있다.

최적입체영상과 왜곡입체영상에 시청 시 측정된 뇌파로부터 추출된 주의지표에 대해 분석하였다. 분석 결과 <표 4>와 같이 최적입체영상과 왜곡입체영상 사이에서의 유의확률이 0.05 이상으로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 없음을 확인하였다. 이러한 실험 결과는 입체영상을 시청하고 있다는 상황자체가 주의를 요구하는 것으로 해석할 수 있다.

베타파 대역과 지표에 대한 최적입체영상과 왜곡입체영상 사이에서의 통계적 유의성 및 상관 관계를 <표 5>에 정리하였다.

표 5. 통계적 유의성 및 상관 관계 요약  
Table 5. Summary of statistical significance and relationship

	유의성	상관 관계
베타파	O	왜곡입체영상 시청시 증가
SMR	X	
M-beta	O	왜곡입체영상 시청시 증가
H-beta	O	왜곡입체영상 시청시 증가
스트레스지표	O	왜곡입체영상 시청시 증가
안정지표	X	
집중지표	O	왜곡입체영상 시청시 증가
주의지표	X	

#### 4. 결 론

본 연구에서는 무안경 입체영상 콘텐츠의 사용자 평가를 위해 영상 화질의 변화에 따라 사용자가 인지하는 반응의 차이를 뇌파 측정을 통해 분석하였으며 측정된 뇌파로부터 스트레스, 집중, 안정, 그리고 주의지표를 추출하여 실험 및 분석을 진행하였다. 이를 위하여 롱 샷과 웨스트 샷으로 촬영된 두 개의 실험영상에 대하여 각각 최적의 입체영상과 왜곡된 입체영상을 제작하여 실험자들에게 제시하고, 뇌파의 변화를 분석하였다.

이전 연구에서 알파파의 경우 통계적으로 유의미한 변화를 확인하였으며 베타파의 경우 화질이 떨어지는 무안경 입체영상 시청 시 증가하는 경향을 확인하였다[15]. 본 연구에서는 이를 확장하여 베타파 영역에 대한 상세한 분석을 수행하였으며 뇌파 분석 데이터를 활용하여 다양한 지표에 대한 상관관계를 분석하였다.

베타파 영역 분석 결과 SMR파의 경우 통계적으로 유의미한 변화가 확인되지 않았지만 M-beta 및 H-beta파의 경우 화질이 떨어지는 무안경 입체영상 시청 시 증가하는 경향을 확인하였다.

M-beta파는 의식 및 정신 활동 등 학습에 몰두할 때 많이 발생하는 뇌파로 계산이나 암산과 같이 한 가지 주제에 집중하면서 정신부하가 동반되는 사고활동(focused attention)을 수행할 때 우세하게 나타나는 것으로 알려져 있다[18]. 이로부터 왜곡입체영상 시청 시 영상의 왜곡에 따른 정보량이 높아짐에 따라 복잡한 사고를 더 많이 하는 것으로 해석할 수 있다. 또한, 무안경식 입체영상 시스템에서 제공되는 왜곡입체영상의 경우 왜곡된 정보를 해석하기 위해 최적입체영상에 비해 더 많은 집중력을 요구하게 되고 이로 인해 M-beta파가 유의미하게 더 높게 나타난 것으로 해석된다.

H-beta파는 긴장이나 흥분 상태 또는 스트레스

상태일 때 많이 발생하는 뇌파로 정서적으로 불안할 때 활성화되는 것으로 알려져 있다[18]. 이로부터 왜곡입체영상 시청 시 영상의 왜곡에 따른 정보량이 높아짐에 따라 복잡한 사고를 더 많이 하는 것으로 해석할 수 있다. 또한, 무안경식 입체영상 시스템에서 제공되는 왜곡입체영상의 경우 왜곡된 정보로 인해 긴장감을 유발시키고 시각 피로도를 높게 되어 최적입체영상에 비해 더 많은 스트레스를 유발하여 H-beta파가 유의미하게 높은 것으로 해석된다.

26명의 피험자를 대상으로 왜곡입체영상과 최적입체영상을 시청한 후 나타나는 뇌파를 측정하고 측정된 뇌파로부터 스트레스지표, 집중지표, 안정지표 및 주의지표를 추출하여 무안경 3D 입체영상 콘텐츠의 영상 화질 변화와 사용자의 다양한 지표에 대한 상관관계를 확인하였다.

안정지표와 주의지표의 경우 통계적으로 유의미한 변화가 확인되지 않았지만 스트레스지표와 집중지표의 경우 화질이 떨어지는 무안경 입체영상 시청 시 증가하는 경향을 확인하였다.

일반적으로 3D 입체영상 시청 시 시각 피로도도 증가 하며 이에 따른 스트레스도 증가하는 것으로 알려져 있다[3]. 본 연구의 경우 최적 무안경 입체영상 보다 화질이 떨어지는 왜곡 무안경 입체영상 시청 시에 스트레스가 증가하는 것으로 확인되었다. 이는 왜곡 입체영상이 최적 입체영상에 비해 시각 피로도를 더욱 증가시키고 이로 인해 스트레스도 더욱 증가하는 것으로 해석할 수 있다.

집중지표의 경우 세타파에 대한 SMR파와 M-beta파의 비율에 의해 결정된다. 세타파는 명상과 같이 내적 경험에 집중하여 사고하는 경우에 우세하게 나타나며[19] SMR파는 신체의 움직임이 없는 감각운동피질의 활동을 최소화한 상태에서 집중하는 비교적 단순한 과제(unfocused attention)를 수행할 때 우세하게 나타난다[20]. M-beta파는



계산이나 암산과 같이 한 가지 주제에 집중하는 사고활동(focused attention)을 수행할 때와 외부 정보에 집중할 때 우세하게 나타난다[18]. 본 연구에서는 왜곡입체영상과 최적입체영상을 시청 시 뇌파의 변화를 분석했을 경우 SMR파와 세타파의 경우 통계적으로 유의미한 변화가 확인되지 않았고 M-beta파의 경우 왜곡입체영상 시청 시 증가하는 경향을 확인하였다. 따라서 집중지표에서 확인되는 통계적 유의성은 주로 M-beta파에 의해 나타나는 것으로 예상된다.

영상 1은 영상의 깊이 정도가 상대적으로 깊고 영상 2는 영상의 깊이 정도가 상대적으로 낮지만 영상 1 및 영상 2 모두에서 모든 주파수 대역과 지표에 대한 통계적 유의성이 동일하게 확인되어 영상 1 및 영상 2에서 확인되는 영상의 깊이 정도로는 뇌파 반응에서 차이를 보이지 않는 것으로 확인되었다.

본 연구는 랜티콜러 방식의 무안경 3D 입체영상 콘텐츠에 대해 영상화질의 변화에 따른 사용자의 인지 현상을 뇌파 분석을 통해 수행하였다. 최적입체영상과 왜곡입체영상에 대해 뇌파 기반 사용자 평가를 수행하였으며 그 결과 최적입체영상과 왜곡입체영상 시청 과정에서 뇌파의 인지가 다르다는 것을 통계적으로 확인하였다. 또한 뇌파 데이터로부터 추출한 다양한 지표상에서도 최적입체영상과 왜곡입체영상 시청 과정에서 사용자의 인지 과정이 다르다는 것을 통계적으로 확인하였다. 이를 통해 무안경 3D 입체영상 콘텐츠에 대한 객관적 사용자 평가 방법으로 뇌파분석이 사용될 수 있음을 확인하였으며 스트레스나 시각 피로도 분석에도 적용될 수 있는 가능성을 확인하였다.

## References

- [1] G-Y. Noh, D-J. Park, and H.J. Jang, *An experimental study of user experience for 3D video game: presence, arousal, recognition memory, and brain activity pattern*, Journal of Cybercommunication Academic Society, Vol. 31, No. 2. pp. 45-83, 2014.
- [2] S. H. Kweon, and E. Y. Bang, *A Study of human hact snalysis in program genres : comparison of 2D and 3D receptions difference by measuring brainwaves*, Review of Cultural Economics, Vol. 15, No. 2. pp. 29-53, 2012.
- [3] M. Z. Ramadan, M. H. Alhaag, and M. H. Abidi, *Effects of viewing displays from different distances on human visual system*, Applied Sciences, Vol. 7, No. 11, 1153 pp. 1-15, 2017.
- [4] D. De Waard, and P-S. Park, *The measurement of drivers' mental workload*, Groningen University, Traffic Research Center, Groningen, The Netherlands, 1996.
- [5] B. J. Fisch, and R. Spehlmann, *Fisch and spehlmann's EEG primer: Basic principles of digital and analog EEG*, Elsevier Health Sciences, Amsterdam, The Netherlands, 1999.
- [6] J. W. Bang, H. Heo, J. S. Choi, and K. R. Park, *Assessment of eye fatigue caused by 3D displays based on multimodal measurements*, Sensors, Vol. 14, pp. 16467-16485, 2014.
- [7] S-Y. Cheng, and H-T. Hsu, *Mental fatigue measurement using EEG*, in: G. Norta (Eds.), *Risk management trends*, Intech: Rijeka, Croatia, 2011.
- [8] Y. J. Kim, and E. C. Lee, *EEG based comparative measurement of visual fatigue*



- caused by 2D and 3D, Communications in Computer and Information Science, Vol. 174, pp. 289-292, 2011.
- [9] S. H. Kim, and D. Y. Kim, *Comparative EEG study of the 2.5D and 3D motion picture viewers*, The Korean Journal of Vision science, Vol. 15, No. 1, pp.75-82, 2013.
- [10] S. J. Park, M. Subramaniam, M. K. Moon, and D. G. Kim, *Physiological responses to watching 3D on television with active and passive glasses*, International Conference on Human-Computer Interaction, Springer, Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 498-502, 2013.
- [11] J. Frey, A. Appriou, F. Lotte, and M. Hachet, *Classifying EEG signals during stereoscopic visualization to estimate visual comfort*, Journal Computational Intelligence and Neuroscience, Vol. 2016, 2758103, pp. 1-11. 2016.
- [12] C. Chen, J. Wang, K. Li, Y. Liu, and X. Chen, *Visual fatigue caused by watching 3DTV: An fMRI study*, BioMedical Engineering OnLine, Vol. 14, S12, 2015.
- [13] D-J. Kim, H-C. O. Li, and S.W. Kim, *Glasses-free interactive 3D display: the effects of viewing distance, orientation and manual interaction on visual fatigue*, Journal of Broadcast Engineering, Vol. 17, No. 4, pp. 572-583, 2012.
- [14] D-J. Kim, H-C. O. Li, and S.W. Kim, *Measuring visual fatigue of glasses-free interactive 3D system under various viewing conditions*, Journal of Broadcast Engineering, Vol. 18, No. 3, pp. 425-434, 2013.
- [15] J-C. Moon, J-U. Hong, Y-J. Choi, and J-K. Suh, *Subject test using electroencephalogram according to variation of autostereoscopic image quality*, KIPS Transactions on Software and Data Engineering, Vol. 5, No. 4, pp. 195-202, 2016.
- [16] J-U. Hong, U-H Lee, and Y-J. Choi. *Multiview autostereoscopic image generation using adaptive subpixel interlacing*, Journal of Knowledge Information Technology and Systems, Vol. 11, No. 5, pp. 475-488, 2016.
- [17] S-H. Kim, S-H. Seo, S-H. Kwak, Y-H. Ryu, Y-H. Kim, H-S. Kim, and B-C. Min, *The Effect of olfactory fragrance stimulation on stress reduction according to auditory stimuli by frequency*, Journal of Knowledge Information Technology and Systems, Vol. 12, No. 1, pp. 13-22, 2017.
- [18] J-K. Jang, and S. K. Kim, *EEG analysis of learning attitude change of female clooege student on e-learning*, Korean Journal of Children's Media, Vol. 11, No. 2, pp. 69-88, 2012.
- [19] M. Hutchison, *Megabrain: New tools and techniques for brain growth and mind expansion (2nd Ed.)*, Ballantine Books, New York, 1996.
- [20] M. B. Serman, *Sensorimotor EEG operant conditioning: Experimental and clinical effects*, The Pavlovian Journal of Biological Science, Vol. 12, No. 2, pp. 63-92, 1977.

## 무안경 입체영상의 화질 차이에 대한 뇌파 변화 분석

최유주<sup>1,2</sup>, 서정근<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>서울미디어대학원대학교(SMIT) 뉴미디어학부

<sup>2</sup>서울미디어대학원대학교(SMIT) 실감미디어연구  
구소

### 요 약

뇌파 분석을 통한 안경식 3차원 입체영상 콘텐츠에 대한 사용자 평가는 많은 연구가 이루어지고 있지만 무안경식 3차원 입체 영상 콘텐츠에 대한 뇌파 기반 사용자 평가는 미비한 실정이다. 본 연구진은 이전 연구에서 무안경식 입체영상 시스템의 디스플레이로 활용되고 있는 렌티큘러 방식 입체 영상을 최적입체영상과 왜곡입체영상으로 구분하여 제작하고, 이를 총 26명의 피험자에게 차례로 제시하며 8개 채널의 뇌파를 측정하였다. 각 영상 시청 시 획득한 뇌파를 채널별과 주파수별로 분류하여 통계적 상관관계를 분석하였다. 분석 결과 뇌파진동 중 베타파의 경우 통계적으로 유의미한 차이가 확인되었다. 본 연구에서는 이전 연구를 확장하여 베타파 대역을 세분하여 SMR, M-beta, 및 H-beta 대역으로 구분하여 상관관계를 분석하였으며 다양한 지표를 선정하여 스트레스, 집중, 안정, 그리고 주의에 대한 상관관계를 분석하였다. M-beta 및 H-beta의 경우 왜곡입체영상 시청 시 최적입체영상보다 통계적으로 유의미하게 높게 나타났으며 지표 분석의 경우 스트레스지표와 집중지표에서 왜곡입체영상 시청 시 최적입체영상보다 통계적으로 유의미하게 높게 나타났다. 이는 왜곡입체영상 시청 시 피로감 또는 스트레스 증폭에 따른 M-beta 및 H-beta 대역의 뇌파활동이 높아진 것으로 해석된다. 본 연구결과를 바탕으로 뇌파분석 기법이 렌티큘러 방식의 무안경 입체영상 화질 평가를 위한 평가 수단으로 활용될 수 있는 가능성을 확인하였다.



**Yoo-Joo Choi** is an associate professor in Department of Newmedia at Seoul Media Institute of Technology(SMIT), Korea. She received her M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science from Ewha Womans University in 1991 and 2005, respectively. She was a researcher at R&D Department of KCI Co. and POSDATA Co. in Korea between 1991 and 1999. Her research interests include image processing, computer vision, computer graphics, augmented reality and human-computer interaction.

E-mail address: yjchoi@smit.ac.kr



**Jung-Keun Suh** received the bachelor's degree in the Department of Botany from Seoul National University in 1987. He received the M.S. degree in the Department of Botany from Seoul National University in 1989 and the Ph.D. degree in the Department of Chemistry & Biochemistry from the University of Texas at Austin in 1996. From 1996 to 2000, he was a post-doctoral fellow in the Department of Chemistry & Biochemistry from the University of Texas at Austin. He was a professor in the Newmedia Division at Seoul Media Institute of Technology from 2009 to present.

E-mail address: jblee@jeongbo.ac.kr