

# Subject Test Using Electroencephalogram According to Variation of Autostereoscopic Image Quality

Jae-Chul Moon<sup>†</sup> · Jong-Ui Hong<sup>\*\*</sup> · Yoo-Joo Choi<sup>\*\*\*</sup> · Jung-Keun Suh<sup>\*\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

There have been many studies on subject tests for 3D contents using 3D glasses, but there is a limited research for 3D contents using autostereoscopic display. In this study, we investigated to assess usability of electroencephalogram (EEG) as an objective evaluation for 3D contents with different quality using autostereoscopic display, especially for lenticular lens type. The image with optimal quality and the image with distorted quality were separately generated for autostereoscopic display with lenticular lens type and displayed sequentially through lenticular lens for 26 subjects. EEG signals of 8 channels from 26 subjects exposed to those images were detected and correlation between EEG signal and the quality of 3D images were statistically evaluated to check differences between optimal and distorted 3D contents. What we found was that there was no statistical significance for a wave vibration, however b wave vibration shows statistically significant between optimal and distorted 3D contents. b wave vibration observed for the distorted 3D image was stronger than that for the optimal 3D image. This results suggest that subjects viewing the distorted 3D contents through lenticular lens experience more discomfort or fatigue than those for the optimum 3D contents, which resulting in the greater b wave activity for those watching the distorted 3D contents. In conclusion, these results confirm that electroencephalogram (EEG) analysis can be used as a tool for objective evaluation of 3D contents using autostereoscopic display with lenticular lens type.

**Keywords :** Autostereoscopic 3D Image, Lenticular Lens Type, Subject Test, Electroencephalogram,  $\beta$  wave

## 무안경 입체영상의 화질변화에 따른 뇌파 기반 사용자 반응 분석

문재철<sup>†</sup> · 홍종의<sup>\*\*</sup> · 최유주<sup>\*\*\*</sup> · 서정근<sup>\*\*\*\*</sup>

## 요약

안경식 3차원 입체영상 콘텐츠에 대한 사용자 평가는 객관적/주관적 평가 방법을 활용하여 많은 연구가 이루어지고 있지만 무안경식 3차원 입체 영상 콘텐츠에 대한 사용자 평가는 미비한 실정이며 특히 생체신호를 적용한 객관적 평가에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 이에 본 연구에서는 무안경 입체 영상 화질에 대한 객관적 사용자 평가 도구개발을 위한 사전연구로서 무안경 입체영상 화질 변화에 따른 뇌파(Electroencephalogram, EEG)의 변화를 분석하였다. 이를 위하여 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 시청시 획득한 뇌파를 채널별과 주파수별로 분류하여 통계적 상관관계를 분석하였다. 분석 결과 뇌파진동 중 알파파의 경우 최적 입체영상과 왜곡입체영상 사이에서 통계적으로 유의미한 차이가 확인되지 않았으나 베타파의 경우 통계적으로 유의미한 차이가 확인되었다. 베타파의 경우 왜곡입체영상에서 최적입체영상보다 통계적으로 유의미하게 높게 나타났으며 이는 왜곡입체영상 시청 시 피로감 또는 불안감 증폭에 따른 베타파의 뇌파활동이 높아진 것으로 해석된다. 본 연구결과를 바탕으로 뇌파분석 기법이 렌티큘러 방식의 무안경 입체영상 화질 평가를 위한 객관적 평가 수단으로 활용될 수 있는 가능성을 확인하였다.

**키워드 :** 무안경식 입체영상, 렌티큘러 렌즈 방식, 사용자 평가, 뇌파 측정, 베타파

※ 본 연구는 KGIT X-Program 2.0 지원에 의하여 수행되었음.  
※ 이 논문은 2015년도 한국정보처리학회 추계학술발표대회에서 '무안경 입체영상의 화질 변화에 따른 뇌파 기반 사용자 반응 분석'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임.  
† 준회원: 서울미디어대학원대학교 뉴미디어학부 석사과정  
\*\* 준회원: 서울미디어대학원대학교 입체영상미디어학과 석사과정 / (주)다림비전 연구원  
\*\*\* 종신회원: 서울미디어대학원대학교 뉴미디어콘텐츠학과 부교수 / 서울미디어대학원대학교 실감미디어연구소 교수  
\*\*\*\* 정회원: 서울미디어대학원대학교 뉴미디어콘텐츠학과 교수 / 서울미디어대학원대학교 실감미디어연구소 교수  
Manuscript Received: December 21, 2015  
First Revision: March 28, 2016  
Accepted: April 5, 2016  
\* Corresponding Author: Jung-Keun Suh(jksuh@smit.ac.kr)

## 1. 서론

3차원 입체 영상 시스템은 영화, 방송, 게임, 광고 등의 분야에서 활용되고 있다. 3차원 입체를 인지할 수 있도록 하는 3차원 입체영상 디스플레이 시스템은 크게 안경식 디스플레이와 무안경 광학식 디스플레이로 구분될 수 있다. 안경식은 특수 안경을 통하여 좌우영상을 구분하여 양안에 입력하도록 하는 방식을 말한다. 안경식은 좌우 영상을 구분하기 위하여 적용하는 방법에 따라 편광 필터 방식과 시분할 방식으로 구분된다. 안경식은 수렴 요소를 적용하여 특수 안경을

통해 좌우영상을 구분하여 서로 다른 이미지를 전달하기에 3차원 깊이감, 즉 입체감이 크지만 전용 안경 착용에 의한 불편함을 발생시키고, 시청자세의 변화와 동기화 신호 이상으로 인한 좌우 영상 입력의 순간적 불일치 상황시 심각한 시각 피로도를 유발하게 된다[1-3]. 이에 반해 무안경식 디스플레이는 입체영상을 보기 위한 특수 안경을 착용하지 않고 입체감을 느낄 수 있도록 하는 것으로서 디스플레이 패널에 특수 장치를 부착하여 사용자의 위치에 따라 각기 다른 시점의 좌/우 영상이 구분될 수 있도록 하는 방식을 의미한다. 무안경 광학식 입체 디스플레이 기술은 부착된 디스플레이 패널의 종류에 따라 렌티큘러 렌즈(lenticular lens) 방식과 시차장벽(parallax barrier) 방식으로 구분된다. 시차장벽 방식은 디스플레이 패널 앞에 장벽을 부착하여 양안의 관측 차이를 유발시키고 이를 통해 입체감을 느끼게 하는 방식으로서 시야각이 좁고 영상의 밝기가 저하되어 입체감도 저하시킬 수 있는 문제점이 있다[4]. 렌티큘러 렌즈 방식은 디스플레이 패널 앞에 볼록렌즈를 부착하여 빛의 굴절에 따른 차이를 이용해 시청자의 가시영역을 분할함으로써 입체감을 주는 방식으로 시차장벽 방식에 비해 시야각이 상대적으로 크고 영상의 밝기가 밝다는 장점이 있다[4].

이와 같이 영상콘텐츠 분야에서는 몰입감을 증대시키기 위하여 다양한 입체 영상 기술들이 적용되어 왔으며 입체감, 몰입감, 시각 피로도등을 평가하기 위한 사용자 평가들이 진행되어 왔다. 시청자의 사용자 평가는 주로 설문조사를 이용한 주관적 평가 방법에 의해 진행되어 왔다. 즉, 3D 입체 콘텐츠의 변화에 따라 사용자가 지각하는 입체감이나 시각 피로도 등을 묻는 설문 문항이 주어지고, 5점 척도로 구분하여 답을 함으로써 사용자의 반응을 분석하는 주관적 평가 방법이 주로 많이 적용되어 왔다[5, 6]. 이와 같이 3D 콘텐츠 시청에 있어서 사용자 반응 분석을 위한 설문조사와 같은 주관적 평가 방법은 비교적 손쉽고 경제적으로 평가 결과를 확보할 수 있다는 장점이 있지만 평가결과가 자극에 대한 직접적인 평가가 아닌 사용자의 주관적 평가이기 때문에 사용자별 편차가 크게 나타날 수 있다는 제약점이 있다[7]. 이에, 자극에 대해 반응하는 직접적인 생체신호를 획득하여 분석하는 객관적 평가 방법이 제안되고 있다. 생체신호를 활용한 객관적 평가 방법은 자극에 대한 직접적인 평가가 가능하다는 장점이 있지만 신호 감지에 대한 안정성이 떨어질 수 있고 고가의 분석 장비가 필요하다는 단점이 있다[7].

Palomba 등은 서로 다른 특성을 가지는 비디오 클립에 대해 심박률, 호흡률, 피부전기활동 등의 생체신호를 측정하여 통계적 상관관계를 분석함으로써, 생체신호 측정 방법이 미디어 콘텐츠 평가를 위한 객관적 사용자 평가 수단으로 활용될 수 있는 가능성을 제시하였다[8]. 또한, [9]의 연구에서는 특정 시청각 자료에 대해 fMRI 및 TRS 장비를 통해 뇌활성 데이터 및 뇌파 데이터를 측정 분석하여 미디어 콘텐츠 평가를 위한 뇌파 데이터 기반 객관적 평가 방법을 제시하였다. 3D 입체 콘텐츠 분야에서도 사용자가 지각하는 입체감이나 시각 피로도, 안전성 등에 대해 생체신호를 활용한 객관적 평가 방법

에 대한 연구들이 최근 활발히 수행되고 있다[10, 11].

3D 입체 콘텐츠 구현을 위한 무안경식 디스플레이는 기술의 구현 방법에 있어 안경식 디스플레이와는 차이가 있지만 사용자가 입체감을 감지하는 구조적인 원리는 동일하기에 안경식 3D 디스플레이의 한계점인 사용자의 시각 피로도 증대 문제가 동일하게 무안경식 디스플레이를 사용할 경우에도 발생한다. 그러나, 안경식 디스플레이를 대상으로 한 다양한 사용자 평가[5, 6, 10, 11]가 이루어지고 있는 반면, 무안경식 디스플레이에 대한 사용자 평가는 부족한 실정이다. 김덕중 등[12]은 시차장벽 방식의 디스플레이를 활용하여 무안경식 디스플레이에 대한 사용자의 피로도 분석을 설문조사 방식으로 수행하였으며, 김정열 등[7]은 렌티큘러 방식의 디스플레이를 활용하여 제작한 인터랙티브 3D 시스템의 시각피로도 분석을 설문조사 방식으로 수행하였다. 무안경 입체영상 분야에서의 사용자 평가가 일부 주관적 사용자 반응 분석을 통해 수행되었으나 생체 신호 분석을 통한 객관적 평가 방법에 대한 연구는 매우 미흡한 상황이다.

이에 본 연구에서는 무안경 입체 콘텐츠의 영상 화질의 변화에 따라 사용자 반응의 차이를 객관적으로 평가하기 위하여 뇌파 측정을 수행하고, 무안경 입체 영상의 화질과 뇌파 반응 사이의 상관관계를 분석하고자 한다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 실험 목적

렌티큘러 렌즈 기반의 무안경 입체영상에 대해 화질 변화 자극에 따른 사용자의 반응 변화를 직접적이고 객관적으로 평가하기 위해 뇌파를 측정하여 상관관계를 분석하였다. 이를 위해 최적화질의 입체영상과 왜곡화질의 입체영상을 제작하여 렌티큘러 렌즈 기반 디스플레이를 통해 피험자가 시청하도록 하고 화질 조건에 따른 뇌파 변화를 분석하였다.

본 실험은 무안경 입체영상의 화질에 따른 인식의 차이를 알아보기 위하여 뇌파의 반응의 변화를 분석하고자 하였다. 무안경 입체영상에 대해 ‘최적입체영상과 왜곡입체영상 사이에서 인식에 의한 차이를 보일 것인가?’에 대한 직접적이고 객관적인 분석을 시도하였으며 크게 세 가지 주제에 대해 뇌파 측정을 통해 분석하였다.

첫 번째 주제는 ‘최적입체영상과 왜곡입체영상 사이에서 뇌파 중 알파파의 차이가 보일 것인가?’이다. 알파파는 8-12Hz 주파수 범위의 뇌파로 긴장이 완화되고 편안한 상태일 때 높게 나타나는 뇌파 영역이다[14]. 알파파가 활성화는 경우 사용자를 더 편하게 하고 긴장을 완화시키는 것으로 판단할 수 있다.

두 번째 주제는 ‘최적입체영상과 왜곡입체영상 사이에서 뇌파 중 베타파의 차이가 보일 것인가?’이다. 베타파는 12-30Hz 주파수 범위의 뇌파로 의식활동 또는 정신활동으로 인해 무언가에 집중하거나 긴장 또는 흥분 상태 혹은 피로 상태일 때 높게 나타나는 뇌파 영역이다[14]. 베타파가 활성화는 경우 사용자를 더 집중하게 하거나 긴장하게 하여 피로도를 높이는 것으로 판단할 수 있다.

세 번째 주제는 ‘최적입체영상과 왜곡입체영상 사이에서 뇌파 측정 채널별 차이가 보일 것인가?’이다. 뇌파 측정 장비로 8 채널 장비를 사용하기에 좌뇌와 우뇌에 따른 8개의 채널, 즉 8개의 뇌 부위에서 뇌파를 측정하고자 하며 뇌 영역별 뇌파의 변화를 확인할 수 있으면 영상물에 따른 사용자의 인식의 차이를 확인할 수 있을 것이다.

2.2 렌티큘러 방식의 무안경 입체 영상 생성

실험에 사용한 무안경 입체영상은 렌티큘러 렌즈를 통하여 입체적으로 시청할 수 있도록 하기 위하여, 9개의 서로 다른 시점에서 촬영된 단일 시점 입력영상을 이용하여 서브픽셀 인터레이싱 방법[4]을 통하여 다시점 합성 영상을 생성하였다(Fig. 1). [4]의 방법에서는 두 가지 렌티큘러 렌즈의 속성과 세 가지 디스플레이 장치의 속성 그리고 다시점 영상의 개수에 따라 적응적으로 서브픽셀의 가중치를 변화시키는 적응적 서브픽셀 인터레이싱 방법을 제안하고 있다. 여기서, 렌티큘러 렌즈의 속성으로는 LPI(Lines Per Inch)와 렌즈의 기술기를 사용하고 있고, 디스플레이 장치의 속성으로는 해상도(전체 픽셀의 수), 대각선의 길이(inch), PPI(Pixels Per Inch)를 사용하고 있다.

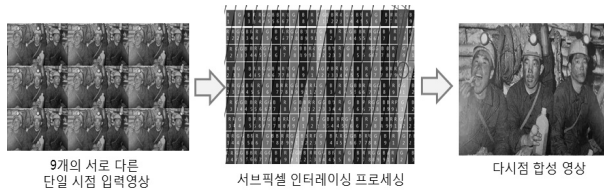


Fig. 1. Autostereoscopic image generation based on sub-pixel interleaving

실험에 사용할 서로 다른 화질의 무안경 입체 영상을 생성하기 위하여 렌티큘러 렌즈의 속성과 디스플레이 장치의 속성에 맞게 적응적 서브픽셀 인터레이싱을 적용한 장비와 고정 가중치 서브픽셀 인터레이싱을 적용한 장비에서 각기 최적입체영상과 왜곡입체영상을 생성하도록 하였다.

2.3 실험 장치 및 자극

실험에 사용한 무안경식 입체 영상 디스플레이 시스템은 (주)4D비전에서 제작한 8시점의 16개 sweet spot을 가지고 있는 12인치 렌티큘러 렌즈 패널을 사용하였다. 입체 영상의 디스플레이를 위해 1920×1080의 해상도를 가지는 12인치 크기의 노트북을 사용하였다.

실험에는 2개의 서로 다른 다시점 합성영상을 사용하였다. 실험영상은 영상분류에 있어서 중요한 특성[22]인 샷(shot)의 특성에 따라 대표적 영상 2개를 선정하였다. 즉, 두 가지 대표적 샷인 롱 샷(long shot)의 영상과 웨스트 샷(waist shot)의 영상을 선정하였다. 첫 번째 테스트 영상은 피사체로부터 카메라가 멀리 떨어져서 촬영된 롱 샷의 영상으로서, 다수의 피사체들이 위치한 깊이 정도가 상대적으로 깊은 입체 영상을 선정하였다. 두 번째 테스트 영상으로는 2-3명의 피

사체의 상반신을 촬영한 영상으로서 피사체의 자세한 표정 변화와 함께 피사체가 주위배경과 어울려 촬영되며 피사체가 어느 정도 움직여도 뷰파인더를 벗어나지 않아 영상 촬영 시 많이 사용되는 웨스트 샷(waist shot) 영상을 선정하였다. 첫 번째 테스트 영상에 비해 두 번째 테스트 영상은 영상의 깊이 정도가 상대적으로 낮은 인물이 확대되어 표현되었다(Fig. 2).



Fig. 2. Test multiview synthesis images

실험에는 2개의 서로 다른 다시점 합성영상에 대하여 최적의 입체 영상 화질을 보여줄 수 있는 장비(장비 1)와 입체 영상의 화질을 떨어뜨려 왜곡 입체 영상을 보여줄 수 있는 장비(장비 2)에서 영상을 디스플레이 하여 사용하였다.

2.4 실험 설계

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. 시청 시 뇌파 측정 장치를 통하여 실험참가자의 뇌파변화를 측정하였다.

2.5 뇌파 측정

뇌파측정 장치로 (주)락싸 (Laxtha) 제품의 8채널 PolyG-1를 사용하였다. 뇌파 신호는 머리표면 8부위에서 단극유도 방식으로 측정하였으며 전극의 배치는 International 10-20 System[15]에 따라 F3, F4, T5, T6, P3, P4, O1, O2 위치에 측정전극을 부착하였다(Fig. 3).

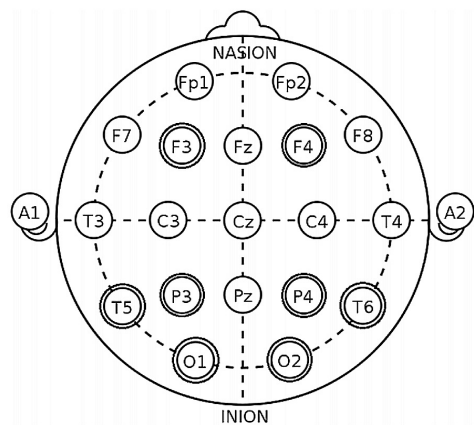


Fig. 3. Locations of measuring electrodes in 10-20 system

기준전극 A1은 우측 귓볼 뒤에 부착하고 접지전극은 좌측 귓볼 뒤에 부착하였다. 측정전극은 금으로 도포된 접시 형태의 디스크 전극을 사용하였으며 피부와의 접촉저항을 최소화하기 위해 알코올 솜으로 접지 표면의 이물질을 닦아낸 후 측정전극에 뇌파전용 전극풀(ElefixZ-410CE)을 묻혀 부착하였다. 측정전극 부착 후 전극 위에 거즈를 부착하여 측정전극을 피부 표면에 잘 고정시켰다.

8채널로부터의 뇌파 신호는 256Hz의 샘플링 주파수로 획득하였으며 12-bit AD 변환에 의해 raw data를 수집하여 저장하였다.

### 2.6 참가자

오프라인 및 온라인 게시를 통해 모집한 26명이 실험에 참여하였다. 성별로는 남성 10명, 여성 16명이었으며, 나이별로는 20대 8명, 30대 13명, 40대 4명, 50대 1명이 본 실험에 참여하였다. 실험 참가자들은 모두 정상시력 또는 교정된 정상시력을 보였으며 입체지각에 문제가 없었다.

### 2.7 실험 절차

대기실에서 참가자들에게 실험 진행에 대한 설명을 구두로 제공하였으며 정확한 측정을 위해 지시에 따라 영상 시청을 시작하고 중단하도록 하였다.

실험실에는 각 장비별 위치를 표시하였으며 매 시행마다 실험자가 참가자를 해당 장비의 위치로 안내하였다. 참가자가 해당 장비로 적절하게 위치하면 ‘화면을 시청해 주십시오’라고 지시하였다. 영상 자극은 10초간 제공되었으며 동시에 뇌파측정을 수행하였다. 10초가 지나면 영상 시청을 중단하였으며 충분한 시간을 주어 안정을 유지하도록 한 후 다음 조건 위치로 안내하였다. 같은 절차를 반복하여 다음 조건에서의 실험을 계속 진행하였다.

각 참가자에게서 모든 조건 당 1번씩 뇌파 측정을 시행하였으며 영상별/장비별 총 4번의 반복 측정을 진행하였다.

### 2.8 측정 뇌파 데이터 분석

본 연구에서는 뇌파 분석을 위해 (주)락사에서 개발한 Telescan 소프트웨어를 사용하였다. 측정된 뇌파 데이터 중에서 각 파동 성분이 얼마의 비율로 존재하는지를 정량적으로 파악하기 위해 시간 변화에 따른 뇌파 크기의 변화를 주파수 대역에 대한 값으로 변환하기 위해 FFT (Fast Fourier Transform) 과정을 거쳐 주파수별 분석(파워스펙트럼 분석)을 수행하여(Fig. 9) 알파, 베타, 세타, 델타, 감마파에 대한 주파수 대역별 뇌파활동 크기를 확보하였다[16, 17]. 뇌파활동 크기의 개인적 차이를 보정하기 위해 각 주파수 대역별 상대값으로 환산한 상대강도를 사용하였다[11, 18]. 상대강도 파워스펙트럼 확보를 위해 ‘Band to Band Power Spectrum’ 분석을 수행하였으며 알파파, 베타파, 감마파, 델타파, 세타파 주파수 대역에 해당하는 절대강도의 합을 0-50Hz 전체 영역에서 확인되는 절대강도의 합으로 나누어 각 파에 대한 상대강도 파워스펙트럼을 확보하였다.

통계분석을 위해 대응표본 t-검정법(paired t-test)를 사용하였으며 평균 상대강도의 증감이 통계적으로 유의성이 있는지를 판정하였다.

## 3. 결 과

### 3.1 뇌파의 평균 상대강도 비교

최적입체영상과 왜곡입체영상에 시청 시 측정된 뇌파 전체 채널에 대한 평균 상대강도를 알파파와 베타파에 대해 분석하였다. 분석 결과 뇌파진동 중 알파파의 경우 두 종류의 영상에 대해 최적입체영상과 왜곡입체영상 사이에서의 유의확률이 0.05 이상으로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 확인되지 않았다. 베타파의 경우 두 종류의 영상에 대해 최적입체영상과 왜곡입체영상 사이에서의 유의확률이 0.05 미만으로 나타나 통계적으로 유의미한 차이가 확인되었다(Table 1).

Table 1. Average of relative intensity of alpha and beta waves for each test image

뇌파	영상	평균 상대강도		t	유의 확률
		최적입체 영상 (장비 1)	왜곡입체 영상 (장비 2)		
알파파	영상1	0.0738	0.0930	-1.694	0.0513
	영상2	0.0692	0.0822	-1.561	0.0655
베타파	영상1	0.1280	0.1519	-1.913	0.0336
	영상2	0.1325	0.1617	-1.965	0.0303

알파파의 경우 두 영상 모두에서 평균 상대 강도에 있어서 통계적인 유의성이 확인되지 않았다. 베타파의 경우 두 영상 모두에서 평균 상대 강도가 왜곡입체영상 시청 시 증가하는 경향을 통계적으로 유의미하게 확인하였다(Table 1). 이러한 실험 결과는 입체영상을 시청하고 있다는 상황자체가 안정상태이기 보다는 뇌의 적극적 활성상태이기 때문에 안정상태에 많이 측정되는 알파파의 경우는 모두다 일정 수준 이하로 측정이 되고, 베타파의 경우에는 자극에 의한 활성 정도에 따라 다르게 측정되는 것으로 해석된다.

### 3.2 채널별 평균 상대강도 비교

최적입체영상과 왜곡입체영상 시청 시 통계적 유의미성이 확인된 베타파에 대해 각 채널별 베타파의 평균 상대강도를 통계적으로 분석하였다. 두 영상 모두 8개 채널에 대해 베타파의 상대강도가 왜곡입체영상 시청 시 증가하는 경향을 보임을 확인하였다(Table 2). 영상1에서는 T5, P3, O1 채널에서 증가 현상이 통계적으로 유의한 것으로 분석되었으며 영상 2에서는 F3, T5, P3, O2채널에서 유의한 것으로 분석

Table 2. Average of relative intensity of beta wave for 8 channels

영상	채널	상대강도		t	유의확률
		최적입체 영상 (장비 1)	왜곡입체 영상 (장비 2)		
영상1	F3	0.0952	0.1121	-1.532	0.0690
	F4	0.0950	0.1131	-1.515	0.0711
	T5	0.1415	0.1815	-2.348	0.0135
	P3	0.1149	0.1421	-2.075	0.0242
	P4	0.1137	0.1271	-0.948	0.1760
	T6	0.1495	0.1683	-1.154	0.1297
	O1	0.1605	0.1931	-1.773	0.0442
	O2	0.1535	0.1776	-1.286	0.1050
영상2	F3	0.0875	0.1111	-2.418	0.0116
	F4	0.0964	0.1082	-1.028	0.1568
	T5	0.1498	0.1931	-1.880	0.0359
	P3	0.1186	0.1607	-2.666	0.0066
	P4	0.1188	0.1460	-1.619	0.0590
	T6	0.1526	0.1793	-1.082	0.1448
	O1	0.1751	0.2016	-1.501	0.0729
	O2	0.1612	0.1934	-1.730	0.0480

되었다(Table 2).

영상 1의 경우 왜곡된 입체영상 시청시 좌뇌 측두엽(T5), 두정엽(P3), 후두엽(O1)에서 유의한 베타파의 증가가 확인되었으며 영상 2의 경우에는 좌뇌 전두엽(F3), 측두엽(T5), 두정엽(P3) 및 우뇌 후두엽(O2)에서 유의한 베타파의 증가가 확인되었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 무안경 입체 콘텐츠의 사용자 평가를 위해 영상 화질의 변화에 따라 사용자가 인지하는 반응의 차이를 뇌파 측정을 통해 분석하였으며 뇌파 연구 분야에서 가장 해석이 유의미한 알파파와 베타파에 대한 분석을 수행하였다[11]. 이를 위하여 롱 샷과 웨스트 샷으로 촬영된 두 개의 실험영상에 대하여 각각 최적의 입체영상과 왜곡된 입체영상을 제작하여 실험자들에게 제시하고, 뇌파의 변화를 분석하였다. 알파파의 경우 통계적으로 유의미한 변화가 확인되지 않았지만 베타파의 경우 화질이 떨어지는 무안경 입체영상 시청 시 증가하는 경향을 확인하였다.

알파파는 긴장이완과 같은 휴식을 취하는 안정한 상태에서 높은 강도로 발생하며 안정되고 편안함을 느끼는 환경일수록 진폭이 증가하고 규칙적인 파동이 나타난다[11].

알파파 분석의 경우 최적입체영상과 왜곡입체영상 시청에 대해 통계적으로 유의미한 차이가 확인되지 않았다. 알파파

가 편안함 및 자연스러움에 대한 척도로 이해한다면 이러한 결과는 최적입체영상과 왜곡입체영상 사이에서 편안함 또는 자연스러움을 느끼는 현상에는 차이가 없음을 시사한다.

평면영상과 입체영상에 대한 뇌파 비교 시 평면영상을 시청할 때 알파파가 더 활성화되어 시청자를 더 편하게 하고 긴장을 완화시키는 것으로 보고되었다[11]. 시청자가 입체감을 감지하는 구조적인 원리는 안경식 입체영상과 무안경식 입체영상이 동일하기에 무안경식 입체영상 시청 시에도 편안함이나 자연스러움을 느끼게 하는 알파파의 강도가 유의미하게 나타나지 않은 것으로 해석된다. 무안경식 입체영상 시스템에서 제공되는 최적입체영상과 왜곡입체영상에 대한 화질이 평면영상과 같이 자연스럽지 않기 때문에 편안함이나 자연스러움을 느끼는 척도에서는 유의미한 변화가 없음을 확인하였다. 이를 통해 첫 번째 주제인 ‘최적입체영상과 왜곡입체영상 사이에서 뇌파 중 알파파의 차이가 보일 것인가?’에 대해서는 차이가 나타나지 않음을 확인하였다.

베타파의 경우 일상생활 중에 나타나는 ‘활동뇌파’로 알려져 있으며 불안하거나 복잡한 사고를 할 때 그리고 긴장 상태에 있을 때 높은 강도로 발생한다. 정상 상태일 때 전두부에서 주로 나타나며 긴장하거나 집중되는 정신활동 시 뇌 전체에서 광범위하게 나타나는 것으로 알려져 있다[19].

베타파 분석의 경우 최적입체영상과 왜곡입체영상 시청에 대해 통계적으로 유의미한 차이가 확인되었으며 왜곡입체영상 시청 시 높은 값을 보이는 것으로 나타났다. 이는 왜곡 입체영상 시청 시 영상의 왜곡에 따른 정보량이 높아짐에

따라 불안하거나 복잡한 사고를 더 많이 하는 것으로 이해할 수 있으며 긴장감도 더 증가하는 것으로 해석할 수 있다.

일반적으로 평면영상보다 입체영상 시청 시에 베타파가 활성화 되는 것으로 알려져 있다[11, 20]. 이는 입체영상에 대한 정보량이 많아 강한 자극을 주기 때문에 평면자극에 비해 많은 집중력과 긴장을 필요로 한다는 것을 알 수 있다. 무안경식 입체영상 시스템에서 제공되는 왜곡입체영상의 경우 왜곡된 정보를 해석하기 위해 최적입체영상에 비해 더 많은 집중력과 긴장을 요구하게 되고 이로 인해 베타파가 유의미하게 더 높게 나타난 것으로 해석된다. 이를 통해 두 번째 주제인 ‘최적입체영상과 왜곡입체영상 사이에서 뇌파 중 베타파의 차이가 보일 것인가?’에 대해서는 차이가 나타남을 확인하였다.

유의미한 통계적 결과를 보여준 베타파의 경우 채널별 상대강도 차이에 대한 분석 결과 주로 좌뇌 쪽 전두엽(F3), 측두엽(T5), 두정엽(P3), 후두엽(O1)에서 유의한 베타파의 증가가 확인되었다. 왜곡입체영상의 경우 뇌 전체 영역을 자극하여 반응하게 만드는 것으로 확인되었다.

전두엽은 주의집중과 기억의 중추로서 복합적이고 체계적인 사고를 담당하는 영역으로 알려져 있으며[21] 두정엽은 시공간적 사고, 입체적 표상, 수리적 추론을 담당하는 영역으로 알려져 있다[19]. 측두엽은 주로 청각과 언어능력을 관장하는 영역으로 알려져 있고 후두엽은 시각중추가 있어 시각 정보를 담당하는 영역으로 알려져 있다[19]. 왜곡입체영상의 경우 복합적이고 체계적인 전두엽을 담당하는 F3 채널에서 유의미하게 베타파가 증가되었으며 강한 시각적인 효과로 인해 시각중추인 후두엽을 담당하는 O1 및 O2 채널에서 베타파가 유의미하게 증가되었다. 또한 후두엽과 연결된 청각중추인 측두엽을 담당하는 F5 채널 및 두정엽을 담당하는 P3 채널에서도 왜곡입체영상의 경우 유의미한 결과가 확인되었다. 이는 왜곡입체영상이 뇌의 영역에 상관없이 시각과 청각 및 이외의 감각들을 모두 자극하는 것을 시사한다.

스포츠 영상의 경우 평면영상 시청 시 전두엽 영역에서만 베타파가 활성화 되지만 입체영상 시청 시에는 전두엽과 측두엽 그리고 후두엽에 관계없이 뇌의 전체 영역에서 베타파가 활성화 되는 것으로 보고되었다[11]. 시청자가 입체감을 감지하는 구조적인 원리는 안경식 입체영상과 무안경식 입체영상이 동일하기에 무안경식 입체영상 시청 시에도 안경식 입체영상 시청과 동일하게 뇌의 전체 영역에서 베타파가 활성화 될 수 있는 것으로 예상된다. 이로 인해 왜곡입체영상 시청 시 뇌의 영역에 상관없이 시각과 청각 및 이외의 감각들을 모두 자극하는 것으로 판단된다.

결론적으로 랜틸러 방식의 무안경 입체영상에 대한 분석 결과 최적입체영상과 왜곡입체영상 시청 과정에서 뇌파의 인지가 다르다는 것을 통계적으로 확인하였으며 무안경 입체영상에 대한 객관적 사용자 평가 방법으로 뇌파분석이 사용될 수 있음을 확인하였다.

## References

- [1] J. G. Ahn and J. W. Kim, "A GPU based rendering method for multiple view autostereoscopic display," *Journal of the HCI Society of Korea*, Vol.4, No.2, pp.9-16, 2009. www.dbpia.co.kr/Article/NODE01851161.
- [2] D. M. Hoffman, A. R. Girshick, K. Akeley, and M. S. Banks, "Vergence - accommodation conflicts hinder visual performance and cause visual fatigue," *Journal of Vision*, Vol.8, No.3, 33, pp.1-30, 2008. DOI: 10.1167/8.3.33.
- [3] M. Torii, Y. Okada, K. Ukai, J. S. Wolffsohn, and G. Gilmartin, "Dynamic measurement of accommodative responses while viewing stereoscopic images," *Journal of Modern Optics*, Vol.55, pp.557-567, 2008. DOI:10.1080/09500340701467652.
- [4] J. Hong, H. B. Shim, and Y. J. Choi, "Adaptive multiview subpixel interlacing for autostereoscopic display," in *Proceedings of the Domestic Summer Conference of the Korean Society of Broadcast Engineers*, pp.450-451, 2015. www.dbpia.co.kr/Article/NODE06396403.
- [5] H. C. Lee, "Human factor research on the measurement of subjective three dimensional fatigue," *Journal of Broadcast Engineering*, Vol.15, No.5:56, pp.607-616, 2010. www.dbpia.co.kr/Article/NODE01535096.
- [6] D. S. Kim, W. J. Lee, J. D. Kim, Do. S. Yu, E. T. Jeong, and J. S. Son, "Change of Phoria and Subjective Symptoms after Watching 2D and 3D Image," *Journal of Korean Ophthalmic Optics Society*, Vol.17, No.2, pp.185-194, 2012. UCI: I410-ECN-0102-2012-510-003096837.
- [7] J. Y. Kim, H. C. Li, and S. W. Kim, "Measuring visual fatigue of glasses-free Interactive 3D system under various viewing conditions," *Journal of Broadcast and Engineering*, Vol.18, No.3, pp.425-434, 2013. DOI:10.5909/JBE.2013.18.3.425.
- [8] D. Palomba, M. Sarlo, A. Angrilli, A. Mini, and L. Stegagno, "Cardiac responses associated with affective processing of unpleasant film stimuli," *Int. J. Psychophysiol.* Vol.36, pp. 45-57. 2000. DOI:10.1016/S0167-8760(99)00099-9.
- [9] Ho-Duck Kim and Kwee-Bo-Sim, "Brain-wave analysis using fMRI, TRS and EEG for human emotion recognition," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol.17, Issue 6, pp.832-837, 2007. DOI: 10.5391/JKIIS.2007.17.6.832.
- [10] 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. DOI: 10.5391/JKIIS.2007.17.6.832
- [11] S. H. Kweon and E. Y. Bang, "A study of human fact analysis in program genres: Comparison of 2D and 3D receptions difference by measuring brainwaves," *Review of Cultural Economics*, Vol.15, No.3, pp.29-51, 2012. UCI : I410-ECN-0102-2013-600-002088563.

[12] 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. DOI: 10.5909 /JBE.2012.17.4.572.

[13] J. Y. 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. www.dbpia.co.kr/Journal/ArticleDetail/NODE02183042.

[14] J. K. Jang and H. S. Kim, "EEG analysis of learning attitude change of female college student on e-Learning," *Journal of the Korea Contents Association*, Vol.11. No.4, pp.42-50, 2011. www.dbpia.co.kr/Journal/ArticleDetail/NODE01631972.

[15] G. H. Klem, H. O. Lüders, H. H. Jasper, and C. Elger, "The ten-twenty electrode system of the International Federation," *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology Supplement*, No.52, pp.3-6, 1999. www.clinph-journal.com/pb/assets/raw/Health%20Advance/journals/clinph/Chapter1-1.pdf.

[16] Y. M. Kim, "The effects of brain respiration program on children's learning ability and emotional stability," *Journal of Child Education*, Vol.16, No.1, pp.5-17, 2007. UCI: G704-001652.2007.16.1.017.

[17] J. Y. Shim and I. J. Seung, "Influences of brain education program on concentration and prefrontal EEG activation of children's," *Journal of Child Education*, Vol.18, No.3, pp. 19-36, 2009. UCI: G704-001652.2009.18.3.002.

[18] S. I. Choi, "Change analysis on EEG data with localized moving averages," Master thesis, Busan University of Foreign Studies, 2011. www.riss.kr/link?id=T12512631.

[19] M. J. Im, "Changes of activated electroencephalogram by brain areas from manifestation of heightened sensory perception," Master thesis, University of Brain Education, 2010. www.data.riss.kr/sam\_lod/resource/Thesis/000013059296.

[20] W. A. Ijsselstein, H. de Ridder, R. Hamberg, D. Bouwhuis, and J. Freeman, "Perceived depth and the feeling of presence in 3DTV," *Displays*, Vol.18, pp.207-214, 1998. DOI:10.1016/S0141-9382(98)00022-5.

[21] D. R. A. Incisa and B. Milner, "Strategic search and retrieval inhibition the role of the frontal lobe," *Neuropsychologia*, Vol. 31, No.6, pp.503-524, 1993. www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8341411.

[22] dug-Chun Park, "Correlation between genre and image expression technique of TV drama," *Journal of the Korea Contents Association*, Vol.9, No.10, pp.159-167, 2009. www.dbpia.co.kr/Article/NODE01270407.



**문재철**

e-mail : geness01@hanmail.net  
 2013년 학점은행제(행정학사)  
 2010년~현 재 퓨처브레인음악심리치료  
 연구소 소장  
 2015년~현 재 서울미디어대학원대학교  
 뉴미디어학부 석사과정

관심분야 : BCI, Neuro Feedback, Bio data visualization,  
 Stereoscopic Image Display & Virtual Reality



**홍종기**

e-mail : hongjongui@naver.com  
 2013년 한북대학교 컴퓨터정보학과(학사)  
 2015년 서울미디어대학원대학교 입체영상  
 미디어학과(석사)

2015년~현 재 (주)다림비전 연구원  
 관심분야 : Stereoscopic Image Display,  
 Virtual Reality



**최유주**

e-mail : yjchoi@smit.ac.kr  
 1989년 이화여자대학교 전자계산학과  
 (이학사)  
 1991년 이화여자대학교 전자계산학과  
 (이학석사)  
 2005년 이화여자대학교 컴퓨터공학과  
 (공학박사)

1991년 (주)한국컴퓨터 기술연구소 주임연구원  
 1994년 (주)포스데이타 기술연구소 주임연구원  
 2005년 서울벤처정보대학원 컴퓨터응용기술학과 조교수  
 2010년~현 재 서울미디어대학원대학교 뉴미디어콘텐츠학과  
 부교수

관심분야 : Computer Graphics, Computer Vision, HCI,  
 Augmented Reality



## 서 정 근

e-mail : jksuh@smit.ac.kr

1987년 서울대학교 식물학과(이학사)

1989년 서울대학교 식물학과(이학석사)

1996년 Univ. of Texas at Austi Dept.  
Biochemistry (Ph.D.)

2000년 Univ. of Texas at Austi Dept.  
Biochemistry Post-doc Fellow

2006년 KGIP BT Center Director

2009년~현재 서울미디어대학원대학교 뉴미디어콘텐츠학과  
교수

관심분야 : BCI, Bioinformatics, Biomedica, Database