

# 이용자 기반의 비디오 키프레임 자동 추출을 위한 뇌파측정기술(EEG) 적용

## Toward a Key-frame Extraction Framework for Video Storyboard Surrogates Based on Users' EEG Signals

김 현 희 (Hyun-Hee Kim)\*

김 용 호 (Yong-Ho Kim)\*\*

### 목 차

- |           |           |
|-----------|-----------|
| 1. 서 론    | 4. 분석 결과  |
| 2. 이론적 배경 | 5. 논의와 결론 |
| 3. 실험 설계  |           |

### 초 록

본 연구는 뇌파측정기술(EEG)과 사건관련유발전위 P3b를 활용하여 이용자의 인지적 반응을 측정한 후 비디오 키프레임을 자동으로 추출할 수 있는지의 가능성을 조사해 보았다. 20명의 피험자들을 대상으로 뇌파를 측정하고 분석한 결과, 적합 이미지 자극 시 좌측 두정엽 영역이 우측 두정엽 영역보다 더 활성화되며, 좌우측간 두정엽 영역의 활성화 정도가 유의한 차이를 보였다. 부적합 이미지 자극 시에는 좌측 두정엽 영역이 적합 이미지보다 덜 활성화되고, 두정엽 영역의 좌우간 활성화도 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이외에, 모든 채널의 평균값(MGFP1)의 잠재기, 채널 동시성 패턴 등에서도 두 자극간에 차이를 보여 뇌파측정기술에 기반한 키프레임 자동 추출이 가능한 것으로 확인되었다.

### ABSTRACT

This study examined the feasibility of using EEG signals and ERP P3b for extracting video key-frames based on users' cognitive responses. Twenty participants were used to collect EEG signals. This research found that the average amplitude of right parietal lobe is higher than that of left parietal lobe when relevant images were shown to participants; there is a significant difference between the average amplitudes of both parietal lobes. On the other hand, the average amplitude of left parietal lobe in the case of non-relevant images is lower than that in the case of relevant images. Moreover, there is no significant difference between the average amplitudes of both parietal lobes in the case of non-relevant images. Additionally, the latency of MGFP1 and channel coherence can be also used as criteria to extract key-frames.

키워드: 뇌파측정기술, 사건관련유발전위, 키프레임, 비디오, 적합성  
EEG, ERP, P3b, Key-frame, Video, Relevance

\* 명지대학교 문헌정보학과 교수(kimhh@mju.ac.kr)

\*\* 부경대학교 신문방송학과 교수(kimyho@pknu.ac.kr)

논문접수일자: 2015년 1월 26일 최초심사일자: 2015년 2월 10일 게재확정일자: 2015년 2월 16일  
한국문헌정보학회지, 49(1): 443-464, 2015. [http://dx.doi.org/10.4275/KSLIS.2015.49.1.443]

## 1. 서론

### 1.1 연구 배경과 목적

최근 널리 보급된 비디오 자료는 의미를 결정하는 다양한 특성을 갖고 있는 대용량 자원이다. 따라서 비디오 전체 클립을 보기 전에 적합성 판정을 위해서 비디오 내용을 파악할 수 있는 비디오 영상초록이 필요하다(Yang 2005). 현재 영상초록은 전체 비디오 클립에서 일정한 시간 간격에 따라서 키프레임을 추출하거나 이미지 프로세싱을 이용하여 장면을 구분하고 각 장면에서 키프레임으로 추출하는 방식을 채택하여 구성하고 있다(Browne and Smeaton 2005). 이러한 선정 방식들은 이용자가 영상초록의 맥락 파악 및 적합성 판정 과정에서 어떤 방식으로 수용하는지에 대한 충분한 고려 없이 제안된 것으로 보인다.

이용자의 키프레임 인식 패턴에 기초하여 키프레임 추출에 대한 기준(예, 비디오 주제를 나타내는 자막, 텍스트[이름, 장소], 객체, 그래픽과 로고, 이벤트/활동, 인물, 시간/장소 및 자연 경관이 있는 프레임들을 선정함)을 정하고 그 기준에 따라서 프레임을 선정하는 방식이 제안되기도 하였다(김현희 2008; Iyer and Lewis 2007; Song, Marchionini and Oh et al. 2010; Kim and Kim 2010). 또한 Yang과 Marchionini(2004)는 비디오 적합성 기준으로 텍스트추출 기준(주제, 날짜/최신성, 장르 등), 비주얼 기준(촬영법, 객체/이벤트, 움직임 등) 및 함축적인 기준(흥미, 접근성, 친숙성 등)을 제안하였다. 그러나 이러한 방식들에 의하여 키프레임을 자동으로 추출하기 위해서는 이미지 프로세싱과 패턴

인식 기술의 발전이 요구된다.

따라서, 비디오 이용자의 인지적, 정서적 반응을 고려하면서 자동으로 키프레임들을 추출하기 위해서 뇌파측정기술(electroencephalography, EEG) 또는 기능적 자기공명영상(functional magnetic resonance imaging, fMRI)을 사용할 수 있다. 이러한 기술들은 인간의 시청각 시스템은 자료의 종류에 따라서 다르게 반응하며 이러한 결과가 사람들의 뇌에 반영된다는 가정하에 적합성 분석, 멀티미디어 자료의 분류와 태깅 작업, 동영상 감성 반응 등에 응용되고 있다(Gwizdka et al. 2013; Wang et al. 2013; 김용호 2006). 특히 사람의 뇌는 시청각 정보가 먼저 주어지고 그 다음 이것과 적합한 또는 비적합한 정보가 주어질 때 서로 다르게 반응할 것이라는 가정을 하고 이를 검증해 오고 있다(Behneman et al. 2009; Koelstra et al. 2009; Moshfeghi et al. 2013). Behneman et al.은 정량화뇌파(quantitative electroencephalography, QEEG) 방법을 이용하여 한 문장으로 된 서술을 보여준 후 보여준 서술과 적합하거나 또는 비적합한 문장들을 제시하여 앞의 서술과 어떤 관련이 있는지 선택하도록 하였다. 분석 결과, 적합 문장과 비적합 문장의 자극간에 세타파와 알파파 대역에서 차이가 있다고 보고하였다.

Koelstra et al.은 자동 태깅 방안을 제안하기 위해서 시각 자극을 주고 뇌파를 측정하여 뇌에서 정보처리를 하는 과정의 각 단계를 반영하는 사건관련유발전위(Event Related Potentials, 이하, ERP)를 사용하였다. 즉, Koelstra et al.은 피험자들에게 비디오를 보여준 후 텍스트로 표현된 태그를 보여주면서 해당 태그가 비디오 주제에 적합한지 여부를 결정하도록 하였다. 실

험 결과, 의미적으로 불일치할 때 나타나는 파형인 N400에서 비적합 및 적합 태그의 자극 후 생기는 EEG 뇌파간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. Moshfeghi et al.은 적합성 연구를 위해서 fMRI를 이용하였다. 주제에 맞는 이미지를 찾는 탐색 과제가 주어지고 각 탐색 과제에 대한 적합 이미지와 비적합 이미지를 무작위로 보여준 후 주어진 이미지가 적합한지 아닌지 선택하도록 하였다. 적합 이미지의 경우는 비적합 이미지의 경우보다 우측에 있는 하두정엽(inferior parietal lobe), 상전두회(superior frontal gyrus) 및 하측두회(inferior temporal gyrus)가 더 활성화되는 것으로 나타났다.

본 연구의 목적은 뇌파측정기술(EEG)과 ERP 방법을 이용하여 이용자 기반의 비디오 키프레임들을 자동으로 추출할 수 있는지의 가능성을 조사해 보고자 한다. 이를 위해서 피험자들에게 비디오를 보여준 후 해당 비디오에서 추출한 프레임을 제시한 후 '적합', '부분적합', '비적합' 중 하나를 선택하도록 한다. 수집된 이용자 뇌파를 분석하기 위해서 ERP 방법을 적용한 이유는 비디오를 시청한 후 제시한 프레임이 비디오 주제를 얼마나 잘 표현했는지의 여부(적합도)에 따라서 뇌파 채널들이 반응하는 강도와 시점이 달라질 것으로 가정하기 때문이다.

## 1.2 연구 가설

본 연구에서는 다음과 같은 두 가지 연구가설을 설정하였다. 연구 가설 1과 2는 적합 이미지, 부분적합 이미지 및 비적합 이미지 자극간에 통계적으로 유의미한 차이를 보이는지 알아

보기 위해서 양방향 가설 검증 형식으로 기술하였다.

- 1) 연구 가설 1: P3b 최고전위점을 기준으로 삼을 때, 두정엽에 위치한 뇌파 채널들(P3/Pz/P4, P7/P8)의 적합 이미지, 부분적합 이미지 및 비적합 이미지 자극간에 통계적으로 유의미한 차이를 보일 것이다.
- 2) 연구 가설 2: P3b 최고전위점을 기준으로 삼을 때, 두정엽에 위치한 좌우측 뇌파 채널간(P3 vs. P4; P7 vs. P8)의 뇌파크기(0.1~30Hz 대역 전위값)는 적합 이미지, 부분적합 이미지 및 비적합 이미지 자극간에 통계적으로 유의미한 차이를 보일 것이다.

뇌파를 분석하는 방법에는 정량화뇌파(QEEG), ERP 등이 있는데 본 연구는 ERP 분석을 위해서 P3b(400~600ms)을 선택하였다. P3b는 외부에서 들어오는 자극에 대한 주의 집중(attention)과 자극들을 구별하는 지각적 결정(perceptual decision)과 관련되는 것으로 알려졌다(Hillyard and Woods 1979; DeFrance et al. 1997; 권준수 2000). 또한 P3b는 두정엽 영역에서 크게 나타나는 것으로 알려져 있다(권준수 2000).

## 1.3 용어 정의

- 1) 사건관련유발전위(Event Related Potentials, ERP): 특정한 자극을 제시하고 이에 대한 뇌파를 측정함으로써 검출되는, 특정 자극에 특징적으로 관찰되는 뇌파이다. 즉, ERP는 EEG에 기록되는 뇌파 중에서 특

정 자극에 대해서 반응한 결과만을 추출하여 그 신호들을 증폭시켜 평균화한 것이다. ERP 기록에 나타나는 파형은 파형의 극성(polarity)과 잠재기(latency)에 따라 구분된다(이지영 2006). 파형이 음극으로 치우쳐져 있으면 N(negative), 양극으로 치우쳐져 있으면 P(positive)로 나타내고, 자극 발생 순간부터 반응의 최고점에 이르는 시간인 잠재기가 얼마나 되는지에 따라 이름을 붙인다. 예를 들어, 자극 발생 후 약 250ms 지점에서 양전위의 파형이 최고점에 이르렀을 경우, 이를 P250이라고 하고, 약 400ms 지점에서 음전위의 파형이 최고점에 이르렀을 경우, 이를 N400이라 부른다. ERP 실험에서는 통상적으로 양극을 그래프의 아래쪽으로, 음극을 위쪽으로 표시한다.

- 2) 정량화 뇌파(quantitative electroencephalography, QEEG): 뇌의 중요부위별 뇌파를 정량화 분석하여 확률론적으로 접근하는 방식으로 대표적으로 스펙트럼분석(spectral analysis)이 이용된다(권형규 2011). 스펙트럼분석은 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)을 통하여 뇌파를 처리할 수 있는데, FFT는 시간영역의 신호를 주파수영역으로 변환하게 하여 주파수의 크기에 따라 신호가 그래프에 배열되어 신호의 주파수 성분들을 눈으로 확인할 수 있게 된다. 뇌파를 진동하는 주파수의 범위에 따라 델타파( $\delta$ ), 세타파( $\theta$ ), 알파파( $\alpha$ ), 베타파( $\beta$ ), 감마파( $\gamma$ ) 등으로 구분하여 분석한다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 뇌파 이론

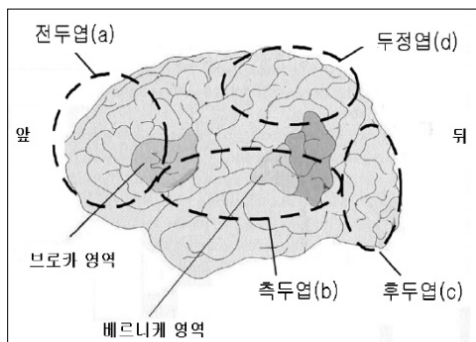
#### 2.1.1 두뇌 구조

두뇌에서 가장 큰 부피를 차지하는 대뇌 반구는 위치와 기능에 따라서 전두엽, 측두엽, 두정엽, 후두엽의 4개 영역으로 구분된다(이성은 2010)(〈그림 1〉 참조). 전두엽은 생각, 계획, 생각과 판단에 따른 몸 움직임을 담당한다. Tulving et al.(1994)은 좌측 전전두엽이 부호화에, 우측 전전두엽이 인출에 각각 관여한다는 가설을 제안하였다. Davidson과 Irwin(1999)은 그들이 제안한 접근-철수 모형에서 좌측 전전두엽 활동성이 우측 전전두엽보다 크면 긍정적 접근-관련 정서와 관련이 있고 반대로 우측 전전두엽 활동성이 좌측 전전두엽보다 크면 부정적 철수-관련 정서와 관련이 있다고 하였다.

두정엽은 체감각의 지각, 시지각과 체감각 정보를 통합하는 것으로 알려지고 있다. 즉, 사고 및 인식기능 중에서도 입체·공간적 사고와 인식기능, 계산 및 연상기능 등을 수행하고, 공간 과제 수행에 중요한 역할을 한다. 특히 하두정엽(inferior Parietal Lobule)은 공간적인 주의 집중과 관련되어 있는 것으로 알려지고 있다(Naghavi and Nyberg 2005). 또한 두정엽은 문자를 단어로 조합하여 의미나 생각을 만드는 곳으로 알려져 있다.

측두엽은 언어 기능, 청지각 처리, 장기 기억과 정서를 담당하는데 얼굴을 재인하는 것과 같은 복잡한 대상 재인 과정에도 관여한다. 특히 좌측 측두엽은 구어를 이해하는 데 필수적이다. 후두엽은 시각 중추가 있어 시각 피질이

라고도 불리며, 눈으로 본 물체의 모양이나 위치, 운동 상태를 분석하는 기능을 담당하고 있다. 이외에 언어로 표현하는 것을 담당하는 브로카(좌반구) 영역과 언어의 이해를 담당하는 베르니케(좌반구) 영역이 있다.



〈그림 1〉 두뇌 구조(출처: 이성은 2010)

### 2.1.2 뇌파의 유형과 분석

뇌파는 주파수의 범위에 따라 델타파( $\delta$ , 0.1~4Hz 미만), 세타파( $\theta$ , 4~8Hz 미만), 알파파( $\alpha$ , 8~13Hz 미만), 베타파( $\beta$ , 13~30Hz 미만), 감마파( $\gamma$ , 30~50Hz)로 구분할 수 있다. 비교적 최근에 주목을 받고 있는 SMR파(12~14Hz)는 베타파와 알파파의 경계 영역에 걸쳐있다(권형규 2011). SMR파는 베타파처럼 긴장과 스트레스를 받지 않으면서도 학업, 작업 등을 실수 없이 정확하게 수행할 때 나타나며, 베타파에 비해 아주 적은 에너지로 모든 일을 쉽게 해결할 수 있는 능력을 발휘한다. 예를 들자면, 전혀 낯선 일을 처음 시작할 때는 감마파가 나타나지만, 조금 익숙해지면 베타파가 나타나고, 완전히 익숙해지면 SMR파로 바뀌는 것이다. 베타파는 Mid-베타파(15~19.99Hz)와 High-베타파(20~29.99Hz)로 구분된다. SMR파가 주변사

향을 경계하는 주의 능력(unfocused attention)인 반면 Mid-베타파는 정해진 특정 대상에만 초점을 맞추어 주의를 기울이는 능력(focused attention)으로 알려져 있다.

이러한 데이터를 이용하여, 뇌파 활성화도(베타파/알파파) 또는 집중 지표((SMR + Mid-베타파) / 세타파)의 분석에 사용할 수 있다(장윤석, 한재웅 2014; 고유빈 외 2012). 여기서 집중 지표는 뇌의 기능적 특성이 집중 상태에 있을 때 세타파 리듬이 줄어들면서 SMR파와 Mid-베타파가 증가한다는 사실에 기초하여 세타파에 대한 SMR파와 Mid-베타파의 비율로 정량화하여 측정한다.

## 2.2 선행 연구

Behneman et al.(2009)은 적합성 테스트를 뇌파 측정을 이용하여 수행하였다. 20대의 피험자 18명과 9명을 각각 대상으로 하여 무선 헤드셋 뇌파기(B-Alert® EEG Sensor Headset)를 이용하여 한 문장으로 된 서술을 보여준 후 보여준 서술과 적합한(관련된 내용), 부분적으로 적합한(서술에서 사용한 일부 키워드들은 사용하고 있지만 내용은 관련되지 않음) 그리고 비적합한(전혀 관련되지 않은 내용) 문장을 각각 10개씩 제시하여 앞의 서술과 어떤 관련이 있는지 선택하도록 하였다. 분석 결과, 적합 문장과 비적합 문장 자극간에 세타파와 알파파 대역(세타[5~7 Hz]와 알파[8~10 Hz])에서 차이가 있다고 보고하였다. 18명을 대상으로 6개의 채널(Fz, Cz, POz, F3, C3, & C4)을 이용하여 뇌파 측정을 하였는데, 세타파가 Cz와 POz 채널에서 비적합 문장의 경우가 가장 높

있고, 적합 문장의 경우가 가장 낮았다. 분산분석을 수행한 결과, 비적합 문장이 적합/부분적합 문장 보다 유의미하게 높았고, 적합 문장과 부분적합 문장간에는 유의미한 차이는 없었다.

아홉명을 대상으로 9개의 채널(Fz, Cz, POz, F3, F4, C3, C4, P3, & P4)을 이용하여 뇌파를 측정 후 분산분석을 수행하였다. 그 결과, 4개의 채널(F4, C4, P4, & POz)에서 세타파가 비적합 문장의 자극 시 적합/부분적합 문장의 자극 보다 유의미하게 높게 나타났고, 적합 문장과 부분적합 문장간에는 유의미한 차이는 없었다. 한편 알파파는 2개의 채널(F4 & C4)에서 세타파의 경우와 유사하게 비적합 문장의 경우가 적합/부분적합 문장의 경우 보다 유의미하게 높았고, 적합 문장과 부분적합 문장간에는 유의미한 차이는 없었다. 종합하면, 이 연구는 알파파는 집중력이 요구될 때 감소되고, 세타파는 의미가 애매한 정보에 접할 때 증가하는 것으로 보고하고 있다.

Koelstra et al.(2009)은 EEG를 측정하는 BIOSEMI 시스템을 활용하여 태그를 자동으로 부여하는 방안을 제안하였다. 이들은 짧은 동영상 비디오들을 17명의 피험자들에게 10초 이내에 두 번 보여준 후 보여준 동영상과 관련된 태그들을 각각 제시하고 적합한 태그인지 아닌지를 선택하도록 하였다. 이들은 태그가 적합하지 않을 때 즉 제시된 태그가 비디오 주제와 불일치할 때 N400이 발생한다고 가정하고 ERP 연구를 수행하였다. 실험에 사용한 동영상 자료는 차에서 나오는 사람들, 문을 여는 고양이들 등의 7개 카테고리, 각 카테고리에 속한 7개의 비디오들, 총 49개로 이루어졌다. 적합 및 비적합 태그의 자극 후 생기는 EEG 뇌

파간에 통계적인 유의미한 차이가 있는지 반복 측정 분산분석을 수행하였다. 실험 결과, N400에서 32개 채널 중 10개의 채널이 유의수준 0.01로 유의미한 차이가 있었다. 특히 이러한 차이가 있는 채널들(CP1, Pz, PO3, CP2, C4, & Cz)은 후두엽과 두정엽 부근에 있는 것들로 나타났다.

Moshfeghi et al.(2013)은 적합성 연구를 위해서 fMRI를 이용하였다. 20~30대 18명의 피험자들을 대상으로 실험을 진행하였다. 네 개의 탐색 과제(Fortis 은행 로고, 올림픽 성화봉, 오바마와 힐러리 클린턴, & 영국 황실 가족)가 주어지고 각 탐색과제에 대해서 5개의 적합 이미지와 5개의 비적합 이미지를 무작위로 보여준 후 주어진 이미지가 적합한지 아닌지 선택하도록 하였다. 적합 이미지의 경우는 비적합 이미지의 경우 보다 우측에 있는 하두정엽(inferior parietal lobe), 상전두회(superior frontal gyrus) 및 하측두회(inferior temporal gyrus)가 더 활성화되는 것으로 나타났다.

이충연 외(2011)는 동영상을 이용하여 학습한 내용을 인출하는 과정에서 이미지와 텍스트가 인출 단서로서 기억 인출 결과에 미치는 영향을 EEG 분석을 이용하여 분석해 보았다. 실험을 위해서 동영상 자료를 이용하여 습득한 일화 기억(episodic memory)을 인출해내는 능력을 평가하기 위해 영화 장면-대사 기억 게임을 개발하여 사용하였다. 이 게임은 비디오를 이용하여 해당 내용을 학습한 후 대사 텍스트가 주어졌을 때 해당 대사에 맞는 상황을 설명하는 장면 이미지를 선택하는 '텍스트-to-이미지' 세션과 주어진 장면 이미지에 대한 상황에 맞는 대사 텍스트를 선택하는 '이미지-to-텍스

트' 세션으로 구분된다. EEG 획득을 위해 7명의 피험자들을 대상으로 Emotiv 헤드셋을 사용하였다. 실험 결과, '이미지-to-텍스트' 세션의 경우 '텍스트-to-이미지' 세션보다 상대적으로 더 높은 후두엽의 활성화가 이루어졌다. 즉, 이미지를 인출 단서로 하는 기억 인출 시에는 전전두엽의 기억인출 관련 부위와 후두엽의 시각 피질 간의 상호작용이 높게 이루어지면서 암묵적인 시각적 기억 표상의 인출이 발생한다고 제안하였다.

선행연구들을 살펴본 결과, Koelstra et al.의 ERP 연구를 제외하고, 나머지 연구들은 정량화 뇌파와 fMRI를 이용하고 있다. 본 연구는 비디오를 시청한 후 제시한 이미지가 비디오 주제를 얼마나 잘 표현하는지의 여부에 따라서 뇌파 채널들이 반응하는 강도와 시점이 달라질 것으로 가정하고, ERP의 P3b를 사용하고자 한다. 이는 적합한 자료인지를 판단하는 작업이 기존의 정보들과 연관시켜 판단을 유도하는 반응과정의 시간이 비교적 길다고 생각했기 때문이다. 또한 Koelstra et al.의 적합성 연구에 사용된 의미적으로 불일치할 때 나타나는 N400 보다는 외부에서 들어오는 자극을 구별하는 지각적 결정과 관련이 되어 있고, 주의 집중을 하였을 때 생성되는 것으로 알려진 P3b가 본 연구와 적합하다고 생각했기 때문이다.

### 3. 실험 설계

피험자들에게 비디오를 제시한 후 비디오에서 추출한 이미지(프레임)들을 피험자들에게 차례로 보여준 후 해당 이미지가 비디오의 주

제를 잘 나타내는지 판단하게 한 후에 적합, 부분적합 및 비적합 중에서 하나를 선택하도록 하는 실험은 다음과 같이 설계하였다.

#### 3.1 피험자와 실험 절차

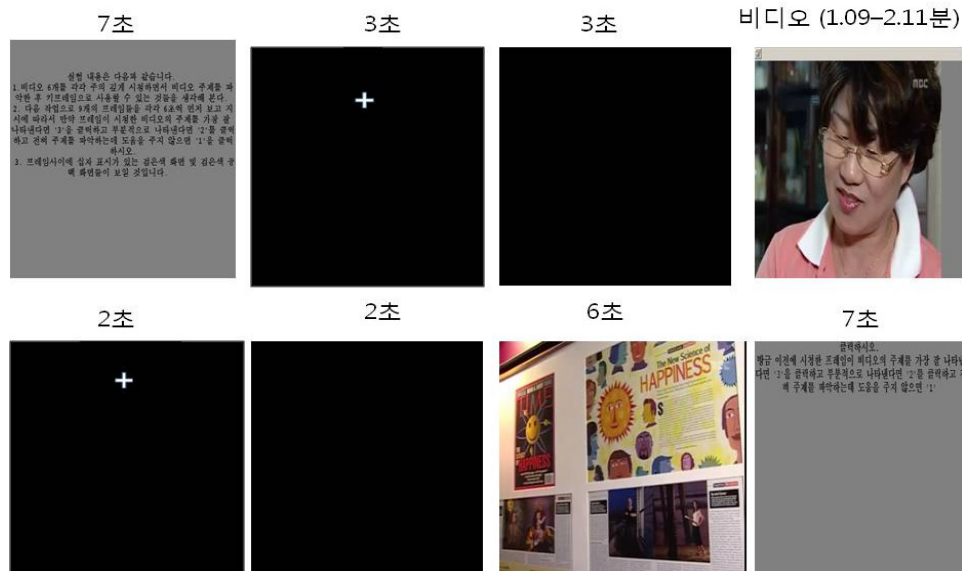
##### 3.1.1 피험자와 실험 데이터

대학교에 재학중인 21세에서 28세 사이의 남학생 20명을 대상으로 하였다. 기존 연구에서 성별 또는 나이에 따라서 뇌파의 차이가 있다고 알려졌기 때문에 이러한 차이를 최소화하기 위해서 피험자의 자격을 20대의 남자로 제한하였다. 또한 피험자 모두 오른손잡이로 제한하였다. 연구에 참여한 모든 참여자에게 연구에 대한 충분한 설명을 한 후 동의를 받았고, 기관생명윤리위원회의 승인을 받았다.

실험 데이터는 6개의 짧은 비디오들(1.09~2.11분)로 구성되는데 4개는 문화유산채널이 제작한 5분 다큐 비디오들을 줄인 것이고 나머지는 MBC 스페셜 심리다큐(행복에 이르는 10단계)와 휴넷 감성 다큐이다.

##### 3.1.2 실험 절차

실험 절차는 <그림 2>에서 확인할 수 있는 것처럼 처음 7초 동안 실험에 대한 간단한 소개를 하고(실험 시작하기 전에 10분 동안 실험에 대해서 미리 설명함) 집중을 위해서 십자 표시가 있는 검정색 화면 그 다음 아무런 표시가 없는 검정색 화면을 각각 3초씩 보여준 다음 비디오를 보여 주었다. 비디오를 보여준 후 앞에서 보여준 동일한 검정색 화면들을 각각 2초씩 보여준 후 한 비디오 당 9개의 프레임을 각각 보여 주었다. 9개의 프레임은 연구자들이 적합,



〈그림 2〉 실험 절차

부분적합 및 비적합하다고 생각한 이미지(프레임)들을 각각 3개씩 포함하여 무작위로 보여주었다. 각 이미지는 6초 동안 보여준 후 그 다음 선택하는 방법을 설명하는 화면을 7초 동안 보여 주며 선택하도록 하였다. 적합하다고 생각하면 '3'을 클릭하고, 부분적합 또는 비적합하다고 생각하면 '2'와 '1'을 각각 클릭하도록 하였다. 다만 비디오 4번이 시작하기 전에는 검정색 화면을 30초 동안 보여 주면서 잠시 긴장감을 풀도록 하였다. 데이터 수집 시간은 피험자당 총 26분 39초가 걸렸다.

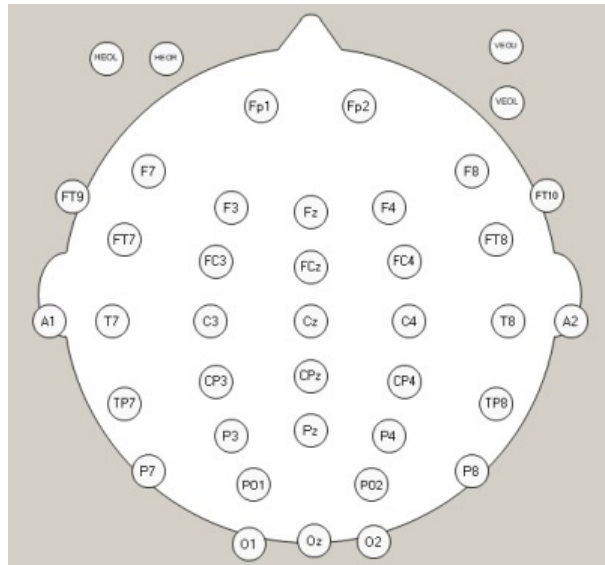
### 3.2 뇌파 측정과 분석

뇌파는 일반적으로 두피에 전극을 장착하여 측정한다. Neuroscan Nuamp amplifier(Compumedics USA, El Paso, TX, USA)와 Ag-AgCl electrodes가 10~20 체계에 의해 심어져 있는 40

채널 Quick Cap을 사용하여 뇌파를 측정하였다. FP1/FP2, F3/Fz/F4, F7/F8, FT7/FT8, FT9/FT10, FC3/FCz/FC4, CP3/CPz/CP4, C3/Cz/C4, P7/P8, P3/Pz/P4, PO1/PO2, O1/Oz/O2, T7/T8, TP7/TP8의 전극에서 뇌파를 측정하였다(〈그림 3〉 참조). 여기서 FP, F, C, P, O, T라고 명명된 점은 각각 전전두엽(prefrontal lobe), 전두엽(frontal lobe), 중심엽(central lobe), 두정엽(parietal lobe), 후두엽(occipital lobe), 측두엽(temporal lobe)을 나타낸다.

레퍼런스(reference) 전극은 A1, A2를 측정하였고, 수평안구전도(horizontal EOG)는 양안의 외안각(outer canthi)에서 측정하였다. 안구의 눈깜박임이나 움직임 측정을 위해 수직안구전도(vertical electrooculogram, 이하 EOG)는 좌측 안구의 위아래 두 곳에서 측정하였다. 뇌파 표집율(sampling rate)은 1,000Hz였





〈그림 3〉 전극 위치

다. 이는 모든 채널에서 초당 1,000회의 자료수집이 있었다는 것을 의미한다. 자극제시와 뇌파 측정의 시작점 동기화는 E-Prime(Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA, USA)을 통해 통제하였다. 본 연구에서는 뇌파자료를 주파수대역 별로 구분하는 대신, 통합 분석하는 최근의 유사한 ERP 연구들의 경향을 따랐다(Koelstra et al. 2009; Jung et al. 2012; 임용수, 이승환, 홍석인 2010).

### 3.3 데이터 분석

측정된 뇌파는 CURRY 7.09(Compumedics, El Paso, TX, USA) 프로그램을 이용하여 분석되었다. 피험자의 눈깜박거림(eyeblinks)과 같은 동작으로 생기는 잡음은 공분산(covariance) 행렬을 이용하여 제거하였다.

다음으로 자극(event)를 확인하여 각 피험

자가 구분한 적합 이미지(자극 번호: 3), 부분 적합 이미지(자극 번호: 2) 및 비적합 이미지(자극 번호: 1)로 구분된 에폭(epoch)을 생성하였다. 이때 에폭의 길이는 -200~9,000ms로, 자극 제시 전 200ms부터 자극 제시 후 9,000ms(이미지 보는 6초와 선택하는 3초를 포함함)까지로 하였다. 이는 기저선 교정을 시행하고, 이미지 보는 동안과 적합성을 판단할 때의 뇌파를 파악하기 위해서이다. 따라서 각 피험자당 9.2초 짜리 에폭을 54개(6개 비디오에서 각 비디오당 9개) 추출하여 한 명의 피험자에서 총 496.8초의 자료를 이용하였다. 생성된 에폭 파일은 자극 전 -200ms 값을 이용하여 기저선 교정을 시행하였고, 34개의 전극 중 한 곳에서라도 측정된 전체 채널에서 파형의 진폭이  $-75 \sim 75 \mu V$ 를 넘으면 잡파로 간주하여 제거하였다. 사용된 band pass filtering은 0.1~30Hz이다. 총 1,080개([한 피험자 당] 54개 X 20명) 에폭들에서

〈표 1〉 비디오 이미지 적합도 판정 결과

| 비디오<br>피험자 | v1     | v2     | v3     | v4     | v5     | v6     | 합계     |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1          | 55.60% | 55.60% | 66.70% | 44.40% | 88.90% | 77.78% | 64.80% |
| 2          | 77.80% | 44.40% | 55.60% | 88.90% | 66.70% | 44.44% | 63.00% |
| 3          | 66.70% | 33.30% | 77.80% | 77.80% | 33.30% | 77.78% | 61.10% |
| 4          | 66.70% | 55.60% | 66.70% | 77.80% | 66.70% | 77.78% | 68.50% |
| 5          | 66.70% | 33.30% | 77.80% | 88.90% | 55.60% | 66.67% | 64.80% |
| 6          | 66.70% | 55.60% | 33.30% | 66.70% | 55.60% | 55.56% | 55.60% |
| 7          | 44.40% | 44.40% | 55.60% | 55.60% | 55.60% | 77.78% | 55.60% |
| 8          | 55.60% | 33.30% | 66.70% | 66.70% | 88.90% | 55.56% | 61.10% |
| 9          | 44.40% | 44.40% | 55.60% | 66.70% | 66.70% | 55.56% | 55.60% |
| 10         | 66.70% | 44.40% | 44.40% | 55.60% | 77.80% | 33.33% | 53.70% |
| 11         | 66.70% | 44.40% | 77.80% | 66.70% | 66.70% | 66.67% | 64.80% |
| 12         | 55.60% | 44.40% | 44.40% | 77.80% | 88.90% | 66.67% | 63.00% |
| 13         | 44.40% | 33.30% | 44.40% | 66.70% | 66.70% | 77.78% | 55.60% |
| 14         | 33.30% | 55.60% | 66.70% | 33.30% | 77.80% | 77.78% | 57.40% |
| 15         | 55.60% | 55.60% | 44.40% | 66.70% | 77.80% | 55.56% | 59.30% |
| 16         | 66.70% | 22.20% | 88.90% | 66.70% | 88.90% | 66.67% | 66.70% |
| 17         | 77.80% | 44.40% | 66.70% | 66.70% | 66.70% | 88.89% | 68.50% |
| 18         | 55.60% | 33.30% | 66.70% | 88.90% | 55.60% | 55.56% | 59.30% |
| 19         | 77.80% | 66.70% | 55.60% | 77.80% | 77.80% | 66.67% | 70.40% |
| 20         | 66.70% | 33.30% | 88.90% | 77.80% | 66.70% | 88.89% | 70.40% |
| 합계         | 60.58% | 43.88% | 62.24% | 68.91% | 69.47% | 66.67% | 61.96% |

잠을 제거와 같은 필터링 과정을 거친 후 64개 에폭들이 제외되어 1,016개 에폭들(적합: 256개, 부분적합: 386개, 부적합: 374개)이 최종적으로 분석에 이용되었다.

연구자들이 이미지를 적합, 부분적합 및 부적합으로 구분한 것과 실제 피험자들이 구분한 것과 어떤 차이가 있는지 분석한 결과는 〈표 1〉과 같다. 연구자들과 피험자들간의 평균 일치도는 61.96%이다. 특히 비디오 2의 일치도가 가장 낮았고 비디오 5의 일치도는 가장 높게 나타났다.

## 4. 분석 결과

### 4.1 전체 채널 분석

본 연구에서는 P3b는 자극 제시 후 400~600ms 근처에 나타나는 가장 큰 양의 전위값으로 정의하였다. 두정엽 부근의 뇌파 채널들을 분석하기 이전 단계로 〈표 2〉에서 확인한 것처럼 34개 채널과 MGFP1(모든 채널의 평균값)의 0~9초 사이에 평균 최고전위점의 전위값과 평균 잠재기를 분석해 보았다. 후두엽 부근에 있는 O1/Oz/O2 채널의 잠재기는 적합/

〈표 2〉 34개 채널 및 MGFP1의 평균 최고전위점의 전위값과 평균 잠재기

| 채널    | 적 합                |             | 부분적합               |             | 비적합                |             |
|-------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|
|       | 전위값<br>( $\mu V$ ) | 잠재기<br>(ms) | 전위값<br>( $\mu V$ ) | 잠재기<br>(ms) | 전위값<br>( $\mu V$ ) | 잠재기<br>(ms) |
| Fp1   | 5.77               | 8775        | 4.55               | 6238        | 1.87               | 8380        |
| Fp2   | 3.86               | 7343        | 6.76               | 7403        | 1.78               | 8229        |
| F3    | 5.59               | 8570        | 1.49               | 6278        | 6.63               | 2621        |
| Fz    | 4.74               | 8574        | 2.97               | 6235        | 4.76               | 3767        |
| F4    | 6.45               | 7857        | 1.66               | 4845        | 4.19               | 8230        |
| F7    | 3.22               | 3233        | 4.63               | 6737        | 5.23               | 2560        |
| F8    | 3.15               | 7339        | 2.98               | 7372        | 0.13               | 36          |
| FC3   | 2.74               | 6265        | 2.73               | 6275        | 2.5                | 6262        |
| FCz   | 3.22               | 6266        | 2.71               | 6237        | 4.39               | 6257        |
| FC4   | 4.48               | 7603        | 2.16               | 7305        | 6.16               | 8242        |
| FT7   | 2.32               | 3450        | 2.49               | 6601        | 4.54               | 2566        |
| FT8   | 2.96               | 7340        | 1.12               | 7511        | 1.49               | 36          |
| FT9   | 2.3                | 2545        | 2.67               | 6777        | 1.85               | 2584        |
| FT10  | 1.21               | 7337        | 0.24               | 70          | 1.22               | 75          |
| C3    | 3.61               | 6266        | 4                  | 6265        | 2.65               | 6263        |
| Cz    | 4.24               | 6256        | 3.63               | 6242        | 3.95               | 6253        |
| C4    | 4.03               | 6247        | 1.38               | 8736        | 2.17               | 7771        |
| CP3   | 4.5                | 6263        | 3.11               | 589         | 4.63               | 6310        |
| CPz   | 3.57               | 6250        | 3.68               | 6245        | 3.08               | 6257        |
| CP4   | 0.86               | 639         | 2.22               | 2012        | 2.01               | 6356        |
| O1    | 11.19              | 254         | 11.15              | 249         | 9.91               | 243         |
| Oz    | 8.56               | 251         | 9.34               | 250         | 8.43               | 239         |
| O2    | 8.78               | 252         | 9.55               | 254         | 8.59               | 241         |
| P3    | 6.79               | 542         | 5.76               | 471         | 4.81               | 480         |
| Pz    | 5.76               | 492         | 4.97               | 471         | 4.5                | 359         |
| P4    | 3.9                | 327         | 2.74               | 368         | 4.26               | 460         |
| P7    | 8.08               | 464         | 7.14               | 484         | 5.76               | 233         |
| P8    | 5.94               | 133         | 5.95               | 256         | 5.84               | 130         |
| PO1   | 8.37               | 491         | 8.3                | 376         | 7.46               | 244         |
| PO2   | 7.02               | 327         | 7.52               | 368         | 6.38               | 242         |
| T7    | 4.18               | 6610        | 5.67               | 6598        | 2.36               | 6630        |
| T8    | 2.37               | 7490        | 2.1                | 1763        | 1.13               | 35          |
| TP7   | 4.26               | 555         | 2.37               | 487         | 5.51               | 2216        |
| TP8   | 2.43               | 130         | 0.74               | 8395        | 3.38               | 127         |
| MGFP1 | 5.78               | 461         | 4.91               | 252         | 4.66               | 277         |

부분적합 이미지 자극에서 약 250ms로 나타났고, 비적합 이미지 자극은 약 240ms로 나타났다. 후두엽과 두정엽 사이에 있는 PO1/PO2 채널의 잠재기는 적합/부분적합 이미지는 327~491ms이고, 비적합 이미지는 약 240ms로 나타났다.

두정엽 부근의 채널들을 살펴보면, P8 채널의 잠재기는 적합/비적합 이미지는 133ms, 130ms로 각각 나타났고, 부분적합 이미지는 256ms로 가장 길게 나타났다. 한편 P7 채널의 잠재기는 적합/부분적합 이미지는 464ms, 484ms로 각각 나타났으나, 비적합 이미지는 233ms로 가장 짧았다. P3/Pz/P4 채널의 잠재기는 적합/부분적합/비적합 이미지에서 327~542ms로 나타났다. 이와 같이 두정엽 영역에 있는 P8 채널을 제외한 대부분의 채널들은 400~600ms에서 최대 진폭을 보이고 있다.

전전두엽, 전두엽 및 측두엽 부근에 있는 채널들의 잠재기를 살펴 보니 매우 다양하게 나타났다. 특히 FP1/FP2 채널의 잠재기는 적합/부분적합/비적합 이미지에서 6,238~8,775ms로 나타났다. 잠재기가 이처럼 긴 것은 피험자들이 6초 동안 이미지를 보고 6초 이후에 버튼을 눌러서 선택하는 실험 조건에 영향을 받은 것으로 보인다. F3/Fz 채널의 잠재기는 적합/부분적합 이미지는 6,235~8,574ms이고, 비적합 이미지는 2,621~3,767ms로 훨씬 짧게 나타났다. F7 채널의 잠재기는 부분적합 이미지는 6,737ms이고, 적합/비적합 이미지는 3,233ms, 2,560ms로 각각 나타났다. T7 채널의 잠재기는 적합/부분적합/비적합 이미지에서 6,610~6,598ms로 유사하게 나타났다.

모든 채널의 평균값인 MGFP1의 잠재기는 적합 이미지의 경우는 461ms로 부분적합/비적

합의 잠재기들(252ms/277ms) 보다 통계적으로 유의미하게 길었다( $p < 0.001$ ).

## 4.2 연구 가설 검증

### 4.2.1 연구 가설 1

두정엽에 위치한 뇌파 채널들(P3/Pz/P4, P7/P8)의 P3b 전위값이 적합/부분적합/비적합 이미지 자극간에 통계적으로 유의미한 차이가 있는지 알아보기 위해서 분산분석(ANOVA)을 수행하였다. 분석 결과, 유의 수준 0.01에서 P8을 제외하고는 모두 통계적으로 유의미한 차이를 나타냈다(〈표 3〉 참조). 이러한 차이를 보다 세부적으로 살펴보기 위해 사후검증(Post hoc test)을 위한 다중비교(multiple comparison)를 실시하였으며 방법은 Tukey HSD를 사용하였다(〈표 4〉 참조). 두정엽의 좌측과 중간에 위치하는 P7/P3/Pz에서 적합 이미지에 대한 뇌파 반응이 비적합 이미지에 대한 뇌파반응보다 더 크게 나타났다. 특히 P7에서는 부분적합 이미지와 비적합 이미지에 대한 뇌파반응도 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 두정엽 우측에 위치한 P4 채널에서는 비적합 이미지 자극에 대한 반응과 부분적합 이미지 자극에 대한 반응간에 유의한 차이가 있었다.

### 4.2.2 연구 가설 2

두정엽에 위치한 두 개의 좌우측 뇌파 채널(P3 vs. P4; P7 vs. P8)간의 비교에서 적합/부분적합/적합 이미지 자극에서 통계적으로 유의미한 차이가 있는지 t-검정을 수행하였다. 분석 결과, 적합 및 부분적합 이미지 자극 시 통계적으로 유의미한 차이를 나타냈다(〈표 5〉 참조).

〈표 3〉 분산분석 결과(채널간 최고전위점의 전위값 비교)

| 채널 | 평균 전위값( $\mu V$ ) |      |      | F      | p       |
|----|-------------------|------|------|--------|---------|
|    | 적합                | 부분적합 | 비적합  |        |         |
| P7 | 8.08              | 7.14 | 5.60 | 12.88  | 0.000** |
| P3 | 6.79              | 5.76 | 4.81 | 10.252 | 0.000** |
| Pz | 5.76              | 4.97 | 4.29 | 5.96   | 0.004** |
| P4 | 3.75              | 2.62 | 4.26 | 5.75   | 0.005** |
| P8 | 5.74              | 5.75 | 5.64 | 0.03   | 0.974   |

\*\*  $p < 0.01$

〈표 4〉 사후 검정(채널간 최고전위점의 전위값 비교)

| 채널 | (I) 자극 | (J) 자극 | 평균차(I-J) | 표준편차 | p       |
|----|--------|--------|----------|------|---------|
| P7 | 적합     | 비적합    | 2.48     | 0.49 | 0.000** |
|    | 부분적합   | 비적합    | 1.54     | 0.49 | 0.008** |
|    | 부분적합   | 적합     | -0.94    | 0.49 | 0.146   |
| P3 | 적합     | 비적합    | 1.90     | 0.44 | 0.000** |
|    | 부분적합   | 비적합    | 0.95     | 0.44 | 0.084   |
|    | 부분적합   | 적합     | -1.03    | 0.44 | 0.057   |
| Pz | 적합     | 비적합    | 1.46     | 0.42 | 0.003** |
|    | 부분적합   | 비적합    | 0.68     | 0.42 | 0.255   |
|    | 부분적합   | 적합     | -0.79    | 0.42 | 0.161   |
| P4 | 적합     | 비적합    | -0.52    | 0.49 | 0.556   |
|    | 부분적합   | 비적합    | -1.62    | 0.49 | 0.004** |
|    | 부분적합   | 적합     | -1.14    | 0.49 | 0.067   |

〈표 5〉 분산분석 결과(좌우측 채널 최고전위점의 전위값 비교)

| 자극 구분/채널구분 | 평균 전위값( $\mu V$ ) |      |       | t    | P 값     |
|------------|-------------------|------|-------|------|---------|
|            | 좌                 | 우    | 차이    |      |         |
| 적합 P3-P4   | 6.79              | 3.75 | 3.04  | 5.82 | 0.000** |
| 적합 P7-P8   | 8.08              | 5.74 | 2.34  | 4.02 | 0.000** |
| 부분적합 P3-P4 | 5.76              | 2.62 | 3.14  | 7.81 | 0.000** |
| 부분적합 P7-P8 | 7.14              | 5.75 | 1.39  | 3.30 | 0.002** |
| 비적합 P3-P4  | 4.81              | 4.26 | 0.55  | 1.14 | 0.263   |
| 비적합 P7-P8  | 5.60              | 5.64 | -0.04 | 0.09 | 0.926   |

연구가설 1과 2의 분석 결과를 종합해 보면, 적합 이미지 자극 시 세 개의 채널(P7, P3, & Pz)에서 비적합 이미지 자극에서 보다 전위값이 유의하게 높게 나왔다. 또한 적합/부분적합 이미지 자극 시 좌측 채널들이 우측 채널들보

다 더 활성화된 것을 발견할 수 있었고, 비적합 이미지 자극에서는 좌우측 채널들간의 전위값들이 유의한 차이가 없었다. 부분적합 이미지의 경우 적합성 정도에 따라서 적합 이미지와 유사한 패턴을 보이기도 하고 다른 패턴을 보

이기도 하는 것으로 보인다.

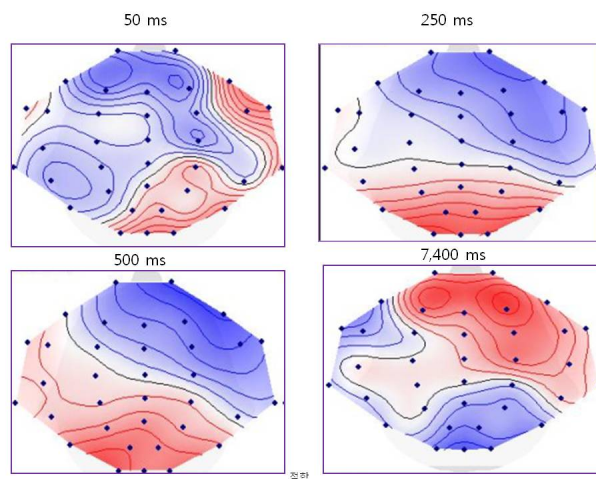
### 4.3 두뇌맵 분석

두뇌의 영역간의 활성화 차이를 0.1~30Hz에서 시각적으로 확인하기 위해 CURRY 7.09 제공하는 두뇌맵핑(Brain Mapping)분석을 이용하여 50ms, 250ms, 500ms, 7,400ms 시점의 두뇌맵을 구성하였다(〈그림 4〉, 〈그림 5〉, 〈그림 6〉 참조). 두뇌맵은 뇌파 세기가 높으면 빨간색, 낮으면 파란색으로 구분되었다.

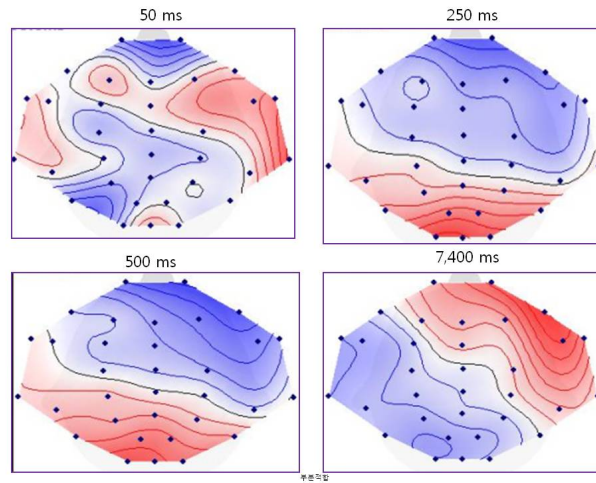
이 중에서 특히 눈에 띄는 것은 적합, 부분적합 및 비적합 이미지 자극 모두에서 250ms에서 후두엽/두정엽 영역이 비슷하게 활성화된 점이다. 따라서 이 시점에서 피험자들이 대상 이미지를 시각적으로 확인하는 것으로 보인다. 500ms에서는 적합 이미지 자극 시 좌측의 두정엽/후두엽 영역의 채널들(P3, P7, & O1)이 우측의 두정엽/후두엽 영역의 채널들(P4, P8, & O2)보다 더 활성화된 것을 발견할 수 있다. 또한 좌

측 측두엽 영역의 채널들(TP7 & T7)도 약하게 활성화되어 있다. 부분적합 이미지의 경우는 적합 이미지 자극과 유사하게 좌측의 두정엽/후두엽 영역이 우측의 두정엽/후두엽 영역 보다 더 활성화된 것을 발견할 수 있다. 또한 좌측 측두엽 영역도 약하게 활성화되어 있다. 한편, 비적합 이미지 자극 시 두정엽/후두엽 영역의 채널들이 적합 이미지의 경우 보다 강도는 약하지만 좌우 고르게 활성화 되어 있고, 좌측 측두엽 부근의 채널들은 활성화 되어 있지 않다.

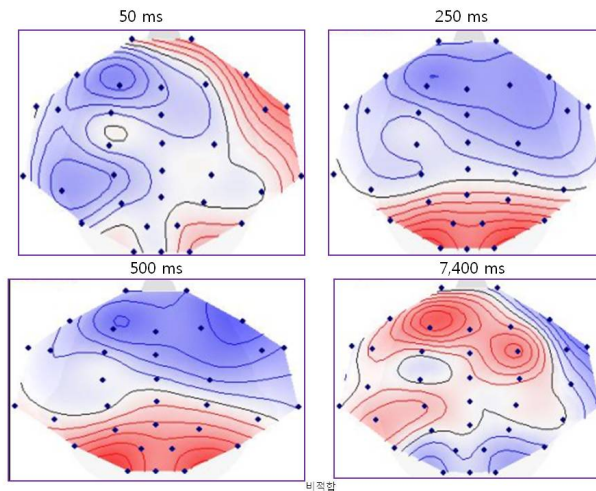
적합성 여부를 결정하여 실제 클릭하는 시간대에 속한 7,400ms에서 적합 이미지 자극 시 좌우측 전전두엽/전두엽 영역이 활성화되어 있고, 우측의 측두엽 영역도 약하게 활성화되어 있다. 부분적합 이미지는 우측의 전두엽 영역이 활성화되고 우측의 측두엽도 약하게 활성화되어 있다. 한편, 비적합 이미지에서는 좌측 전두엽 영역이 우측 전두엽 영역 보다 더 활성화되어 있고 좌측 측두엽 영역도 약하게 활성화된 것을 볼 수 있다.



〈그림 4〉 두뇌맵(적합 이미지 자극)



〈그림 5〉 두뇌맵(부분적합 이미지 자극)



〈그림 6〉 두뇌맵(비적합 이미지 자극)

#### 4.4 채널 동시성 분석

다른 두뇌 채널간의 기능적 연결성을 반영하는 척도로 사용되는 채널 동시성(coherence)은 두 전극 사이에서 뇌파 신호가 동시적으로 발생하는 정도를 의미하는 것으로, 대뇌피질의 두 부위 사이에서 전기적 활동 정도가 어느 정

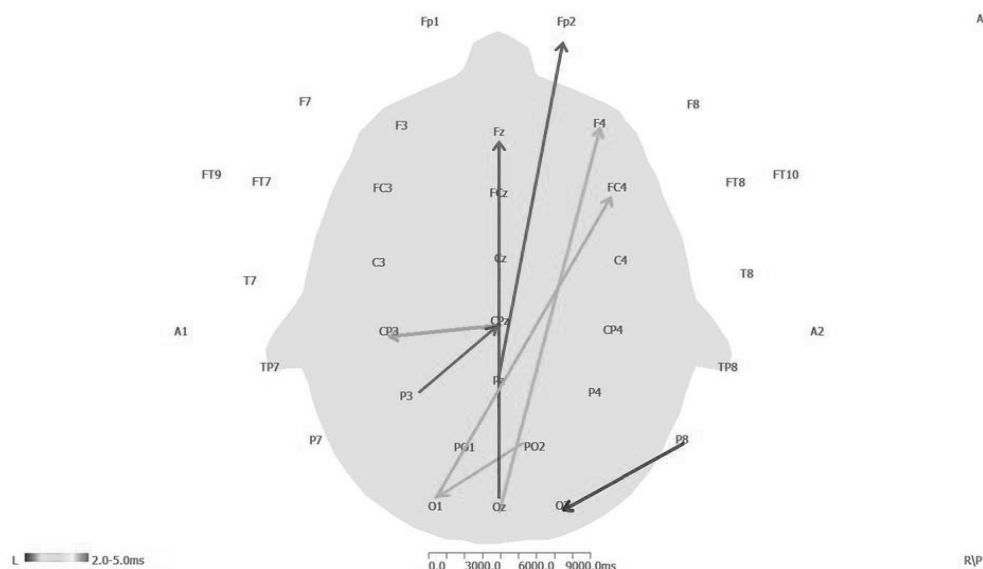
도 공유되는가를 반영한다(박두흠, 권준수, 정도연 2001; Thatcher, Krause and Hrybyk 1986). 동시성은 두 구간의 연속시간대(time series)간의 스펙트럼 연관성(spectral correlation)으로 정의하며 그 범위는 0.0~1.0이다. 동기성값이 1.0인 경우는 두 번째 시간구간의 스펙트럼 분포가 첫 번째 시간구간의 스펙트럼 분포를

완전히 예측할 수 있다는 것을 의미한다. <그림 7>은 CURRY 7.09 프로그램을 이용하여 0초~9초 사이의 동시성값 0.9에서 적합 이미지 자극에 기초하여 구성한 것이다(band pass filtering [0.1~30Hz]).

오른쪽에 있는 두정엽(P8)에서 후두엽(O2)으로의 연결은 가장 높은 동시성값(0.96)에서 생성된 것으로 이 연결은 시각과 동기화되는 운동반응(예, 손 뻗기, 잡기)과 관련이 있으며(Galletti 2003), 해당되는 사회 감성은 감성공유, 긍정일 때 약한 친밀도를 나타낸다고 보고되기도 하였다(김중화 2013). 이와 같이 두정엽과 후두엽 영역의 채널들이 서로 연결되어 있으며, 정중 후두엽 영역의 채널(Oz)은 정중 전두엽(Fz)과, 정중 두정엽 영역의 채널(Pz)은 우측 전전두엽(Fp2)과 각각 연결되어 있다. 이러한 연결성은 앞에서 시청한 비디오의 한 장면(이미지)이 주어지면 후두엽/두정엽에서 집중해서 보고, 전전

두엽/전두엽에서 이 이미지가 시청한 비디오의 주제를 어느 정도 나타내는지 판단하게 된다는 가정을 해 볼 수 있다. 이러한 결과는 이미지를 인출 단서로 하는 기억 인출 시에 전전두엽의 기억인출 관련 부위와 후두엽의 시각 피질 간의 상호작용이 이루어지면서 암묵적인 시각적 기억 표상의 인출이 발생한다는 주장(이충연 외 2011)과 맥을 같이 한다고 볼 수 있다.

적합 이미지와 동일한 조건에서 부분적합 및 비적합 이미지를 대상으로 채널 동시성을 분석한 결과, 눈에 띄는 것은 부분적합 이미지 자극 시 FT8/P7이 FT10/P3과 각각 연결되어 있는 점이었다. 한편, 비적합 이미지 자극 시 FT10과 CP3이 연결되어 있었다. 또한 T8이 F8과 연결되어 있고, Fp2가 F8/FT8과 연결되어 있었다. 부분적합/비적합 이미지 자극 시 앞의 적합 이미지 경우에는 다르게 후두엽/두정엽과 전전두엽/전두엽이 서로 상호작용하는 패턴은 보이지 않았다.



<그림 7> 적합 이미지 자극의 채널 동시성 분석 결과



## 5. 논의와 결론

본 연구의 목적은 뇌파측정기술(EEG)과 ERP 방법을 이용하여 이용자 기반의 비디오 키프레임들을 자동으로 추출할 수 있는지의 가능성을 조사해 보는 것이다. 연구 가설들의 검증 과정을 통해서 키프레임 자동 추출의 가능성을 확인하였고, 이와 더불어 동영상과 이미지를 보여 준 후 그 영향력이 P3b에서 극대화 된다는 사실도 발견하였다. 본 연구 결과는 키프레임 추출 알고리즘 구성에 적용될 수 있을 것으로 생각되고, 더 나아가 문헌정보학의 오랜 동안의 연구 대상인 적합성 이해를 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다. 다음은 본 연구에서 얻은 결과를 토대로 적합, 부분적합 및 부적합 이미지 자극으로 생성되는 피험자들의 뇌파와 그 활성화 양상을 비교하여 논의해 본다.

첫째, 좌측 및 정중 두정엽 영역에 있는 채널들(P3, P7, & Pz)에서 적합 이미지의 전위값들이 부적합 이미지의 전위값들 보다 통계적으로 유의한 차이가 있게 높았다. 이는 Koelstra et al. (2009)의 연구에서 Pz에서 적합한 태그 자극의 전위값이 부적합 태그의 전위값 보다 유의하게 높게 나온다는 결과와 일치한다. 이러한 결과는 피험자들이 적합 이미지 자극 시 부적합 이미지 자극 시 보다 더 집중한 결과로 보인다.

둘째, 두정엽 영역에 있는 좌우측 채널들의 전위값 차이 비교(P3 vs. P4; P7 vs. P8)에서 적합 이미지는 유의한 차이가 있으나, 부적합 이미지는 유의한 차이가 없었다. 즉, 적합 이미지 자극시 좌측 두정엽이 우측 두정엽보다 더

활성화된 것으로 나타난 것이다. 이와 같은 좌우반구 활성화에 대한 차이는 전전두엽의 경우, 좌반구 활성화가 우반구보다 크면 긍정적 접근-관련 정서와 관련이 있고, 우반구 활성화가 좌반구보다 큰 경우는 부정적 철수-관련 정서와 관련이 있다는 주장이 제기되고 있다(Davidson and Irwin 1999). 그러나 이러한 결과를 두정엽에 바로 적용하기는 무리가 있어 보이며 앞으로 이에 대한 좀 더 많은 연구들이 필요해 보인다.

셋째, 두 자극(적합/비적합 이미지)간의 차이를 두뇌맵핑분석(400~600ms)을 이용하여 알아본 결과, 두정엽 영역에서 앞에서 설명한 채널들의 전위값들을 분석하여 얻은 결과와 유사하게 나타났다. 즉, 적합 이미지 자극 시 좌측 두정엽 영역이 우측 두정엽 영역보다 더 활성화되어 있었다. 한편, 부적합 이미지 자극 시 두정엽 영역이 적합 이미지보다 강도는 약하지만 활성화되어 있었고, 좌우측 간에 차이는 없어 보였다. 이외에 좌측 측두엽 영역은 적합 이미지 자극 시 강도는 약하지만 활성화되어 있고, 부적합 이미지는 활성화되어 있지 않았다. 이러한 분석 결과를 Behneman et al.의 적합성 연구 결과와 비교해 보면 서로간에 유사점을 발견할 수 있다. 즉, Behneman et al. 연구에서 우측 두정엽에 위치한 P4 채널에서 세타파가 부적합 문장의 자극 시 적합 문장 자극에서 보다 유의미하게 높게 나타났는데, 본 연구에서도 P4의 부적합 이미지 전위값(4.26)이 적합 이미지 전위값(3.75) 보다 높게 나왔다(<표 3> 참조).

넷째, MGFP1(모든 채널의 평균값)에서 적합 이미지의 잠재기(461ms)가 부적합 이미지

의 잠재기(277ms)보다 통계적으로 유의한 차이가 있게 길게 나왔다. 적합 이미지의 MGFP1의 잠재기가 P3b와 연관된다는 것은 적합 이미지를 확인하는 하나의 기준으로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

다섯째, 채널 동시성을 살펴보면, 적합 이미지 자극 시 앞에서 시청한 비디오의 한 장면(이미지)이 주어지면 이를 후두엽/두정엽에서 집중하여 보게 되고 후두엽/두정엽과 전전두엽/전두엽이 서로 상호작용하면서 이미지가 비디오 주제를 잘 표현했는지의 여부를 판단하는 패턴을 보이고 있다. 이는 이미지를 인출 단서로 하는 기억 인출 시에 전전두엽의 기억 인출 관련 영역과 후두엽의 시각 피질간의 상호작용이 이루어지면서 암묵적인 시각적 기억 표상의 인출이 발생한다는 주장과 유사한 양상을 보인다(이충연 외 2011). 비적합 이미지의 경우는 앞의 적합 이미지 경우와는 다르게 후두엽/두정엽 영역과 전전두엽/전두엽 영역간에 서로 상호작용하는 패턴은 보이지 않았다.

다음은 이러한 연구 결과를 비디오 키프레임 자동 추출 작업에 적용시키는 과정이 필요하다. 앞의 결과에서 볼 때 적합 이미지와 비적합 이미지의 자극 차이로 이용할 수 있는 하나의 근거로 적합 이미지의 경우는 400~600ms에서 좌우 두정엽의 전위값 차이가 유의하게 나타나고, 비적합 이미지는 차이가 나타나지 않는다는 점이다. 이러한 결과를 토대로 하여 비디오의 키프레임을 추출하는 단계는 이용자들이 비디오를 볼 때 실시간으로 하는 방법과 오프라인으로 하는 방법을 고려해 볼 수 있다.

먼저 오프라인 방법은 이용자가 비디오를 본 다음에 특정 알고리즘에 의해서 해당 비디오에

서 자동으로 추출한 프레임들을 하나씩 보여 주고 각 프레임을 보는 동안의 뇌파를 수집, 분석하는 방법이다. 즉, 두정엽 영역에 있는 좌우 채널들의 전위값들의 차이를 계산하여 좌측 전위값들이 우측 전위값들 보다 상대적으로 더 높다면 적합한 프레임으로 선정하는 방법이다. 적합 및 비적합 이미지를 구분하기 위해서 좌우 두정엽 채널의 전위값 차이 이외에 MGFP1의 잠재기, 측두엽의 400~600ms 사이의 좌측 전위값들 및 채널 동시성 패턴도 함께 이용할 수 있을 것이다. 온라인 방법은 이용자가 비디오를 보는 동안 키프레임을 추출하는 방법이다. 이 방법을 이용하기 위해서는 비디오를 보는 동안 주제에 적합한 장면이 나올 때 이용자들이 어떤 뇌파 패턴을 보이는지에 대한 연구가 선행되어야 한다.

이상의 연구결과를 토대로 본 연구의 제한점과 함께 후속 연구를 제언하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 20대의 남자 피험자들을 대상으로 한 것이기 때문에 본 연구의 결과를 일반화하기 힘들다. 특히 피험자가 소수일 경우에는 결과에 영향을 미칠 수 있는 다양한 개인의 내적 변인이 있을 수 있기 때문에 연구 결과 해석에 있어서 주의가 요구된다.

둘째, 차후에 본 연구에서 발견한 적합 이미지 자극의 기준으로 사용할 수 있는 데이터들이 실제 얼마나 다른 표본 피험자 집단에 잘 적용되는지의 검증이 필요해 보인다. 또한 정량화뇌파(QEEG) 방법을 적용하지 않았는데 이 방법을 적용하여 ERP를 사용한 본 연구 결과와 비교해 보는 것도 흥미로운 연구가 될 것으로 생각된다. 이외에 본 연구는 채널(센서)에 기반한 동시성을 분석해 보았는데 두뇌 영역간의 좀 더 정확한 기능적 관계를 파악하기 위해

서는 소스 분석에 기반한 동시성 연구도 시도 해 볼 만하다(이충연, 장병탁 2014). 끝으로 피험자들이 6개 동영상 비디오들을 시청하면서 생성한 뇌파들을 분석해서 피험자가 적합 또는 비적합하다고 선택한 화면을 볼 때 뇌파들이 어떤 패턴을 보이는지에 대한 연구도 필요해

보인다. 동영상 상태에서도 정지 이미지를 볼 때와 유사한 패턴을 보이는지 또는 전혀 다른 패턴을 보이는지 파악할 수 있고 이러한 연구 결과는 실시간으로 키프레임을 추출할 수 있는 방안을 설계하는데 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 고유빈 외. 2012. 뇌 전도를 이용한 집중력 정량화 연구. HCI 2012 학술대회, 23-25.
- [2] 권준수. 2000. 인지기능연구에서의 사건관련전위의 이용. 『인지과학작업』, 1(1): 79-98.
- [3] 권형규. 2011. 컴퓨터 덧셈학습의 인지적 개인차에 대한 암묵적 연합검사를 적용한 뇌파 분석. 『정보교육학회논문지』, 15(4): 635-644.
- [4] 김중화. 2013. 『사회감성 인식을 위한 EEG 코히런스를 사용한 뇌 기능 연결성 분석』. 박사학위논문, 상명대학교 감성공학과.
- [5] 김용호. 2006. 뇌파측정기술(EEG)을 이용한 TV 영상 감성반응의 실험 연구. 『한국방송학보』, 20(1): 7-49.
- [6] 김현희. 2008. 영상 초록 구현을 위한 키프레임 추출 알고리즘의 설계와 성능 평가. 『정보관리학회지』, 25(4): 131-148.
- [7] 박두흠, 권준수, 정도연. 2001. 기면병에서 전산화 뇌파 지도화 기법으로 측정된 뇌파 동시성 변화. 『수면·정신생리』, 8(2): 121-128.
- [8] 이성은. 2010. 간접화행의 인지적 이해모델. 『독일어 문화권 연구』, 19: 133-159.
- [9] 이지영. 2006. 뇌 연구방법론을 통해 살펴본 음악 처리과정 연구: 음악과 언어, 음악과 정서를 중심으로. 『낭만음악』, 18(3): 69-146.
- [10] 이충연, 장병탁. 2014. 뇌의 기억 인출에 대한 유효 EEG 연결성 분석. 『컴퓨팅의 실제 및 레터』, 20(4): 257-261.
- [11] 이충연 외. 2011. EEG 기반 뇌기능 분석을 이용한 영화 장면-대사 기억 게임에서의 인지 학습 특성. 『한국정보과학회』, 38(1): 210-213.
- [12] 임용수, 이승환, 홍석인. 2010. 정신분열병 환자에서 생물학적 지표로서 N100, P300과 정량화뇌파의 적용. 『대한정신약물학회지』, 21(2): 78-86.
- [13] 장윤석, 한재웅. 2014. 시각 자극 과제에 의한 집중 시의 뇌파분석. 『한국전자통신학회 논문지』,

- 9(5): 589-594.
- [14] Behneman, A. et al. 2009. Enhancing text-based analysis using neurophysiological measures. In D. D. Schmorow et al. (Eds.), *Foundations of Augmented Cognition, Neuroergonomics and Operational Neuroscience*. Vol. 5638, 449-458. Berlin, Heidelberg: Springer.
  - [15] Browne, P. and Smeaton, A. F. 2005. "Video retrieval using dialogue, keyframe similarity and video objects." *ICIP 2005 - International Conference on Image Processing*, Genova, Italy, 11-14.
  - [16] Davidson, R. J. and Irwin, W. 1999. "The functional neuroanatomy of emotion and affective style." *Trends in Cognitive Science*, 3: 11-21.
  - [17] DeFrance, J. F. 1997. "Age-related changes in cognitive ERPs of attenuation." *Brain Topography*, 9(4): 283-293.
  - [18] Galletti, C. et al. 2003. "Role of the medial parieto-occipital cortex in the control of reaching and grasping movements." *Exp Brain Res*, 153: 158-170.
  - [19] Gwizdka, J. et al. 2013. "Applications of neuroimaging in information science: Challenges and opportunities." *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology*, 50(1): 1-4.
  - [20] Hillyard, S. A. and Woods, D. L. 1979. "Electrophysiological analysis of human brain function." In M. S. Gazzaniga (Ed.), *Handbook of behavioral neurobiology: Vol 2. Neuropsychology* (pp. 345-378). New York: Plenum Press.
  - [21] Iyer, H. and Lewis, C.D. 2007. "Prioritization strategies for video storyboard keyframes." *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(5): 629-644.
  - [22] Jung, H. et al. 2012. "Reduced source activity of event-related potentials for affective facial pictures in schizophrenia patients." *Schizophrenia Research*, 136: 150-159.
  - [23] Kim, H. and Kim, Y. 2010. "Toward a conceptual framework of key-frame extraction and storyboard display for video summarization." *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(5): 927-939.
  - [24] Koelstra, S., Muehl, C. and Patras, I. 2009. "EEG analysis for implicit tagging of video data." *Proceeding of the 3rd International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops, ACII 2009*, 27-32, Los Alamitos, 2009. IEEE Computer Society Press.
  - [25] Moshfeghi, Y., Pinto, L. R., Pollick, F. R. and Jose, J. M. 2013. "Understanding relevance: An fMRI study." In P. Serdyukov et al., eds. *Advances in Information Retrieval*. Springer Berlin Heidelberg.

- [26] Naghavi, H. and Nyberg, L. 2005. "Common fronto-parietal activity in attention, memory, and consciousness: Shared demands on integration?" *Consciousness and Cognition*, 14(2): 390-425.
- [27] Song, Y., Marchionini, G. and Oh, C. 2010. "What are the most eye-catching and ear-catching features in the video?" *Implications for video summarization*. WWW 2010, April 26-30, 2010, Raleigh, North Carolina.
- [28] Thatcher, R. W., Krause, P. J. and Hrybyk, M. 1986. "Cortico-cortical associations and EEG coherence: a two-compartmental model." *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 64: 123-143.
- [29] Tulving, E. et al. 1994. "Hemispheric encoding / retrieval asymmetry in episodic memory: position emission tomography findings." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 91(6): 2016-2020.
- [30] Wang, S., Zhu, Y., Wu, G. and Ji, Q. 2013. "Hybrid video emotional tagging using users' EEG and video content." *Multimedia Tools and Applications*, 72(2): 1257-1283.
- [31] Yang, M. 2005. *An exploration of users' video relevance criteria*. Unpublished doctoral dissertation, University of North Carolina at Chapel Hill.
- [32] Yang, M. and Marchionini, G. 2004. Exploring users' video relevance criteria: A pilot study. *Proceedings of the ASIST Annual Meeting*, 41: 229-238. Medford, NJ: Information Today.

• 국문 참고자료의 영어 표기

(English translation / romanization of references originally written in Korean)

- [1] Koh, Y. et al. 2012. "Study of quantifying concentration index using electroencephalography (EEG)." *HCI Society of Korea*, 23-25.
- [2] Kwon, J. 2000. "The Use of event-related potentials in the study of cognitive functions." *Journal of Cognitive Science*, 1(1): 79-98.
- [3] Kwon, H. 2011. "Brainwave activities of the cognitive individual differences in computerized arithmetic addition by implicit association test." *Journal of the Korean Association of Information Education*, 15(4): 635-644.
- [4] Kim, J. 2013. *Recognition of social emotion using EEG coherence analysis*. Ph.D Dissertation, Department of Emotion Engineering, Sangmyung University.
- [5] Kim, Y. 2006. "A study on measuring the lateral specification of brain activity using brainwave measurement(EEG)." *Korean Journal of Broadcasting and Telecommunication Studies*, 20(1): 7-49.

- [6] Kim, H. 2008. "Design and evaluation of the key-frame extraction algorithm for constructing the Virtual Storyboard Surrogates." *Journal of the Korean Society for Information Management*, 25(4): 131-148.
- [7] Park, D., Kwon, J. and Jeong, D. 2001. "Changes of EEG coherence in narcolepsy measured with computerized EEG mapping technique." *Sleep medicine and psychophysiology*, 8(2): 121-128.
- [8] Lee, S. E. 2010. "Das kognitive Verstehensmodell indirekter Sprechakte." *Zeitschrift fur Deutschsprachige Kultur & Literaturen*, 19: 133-159.
- [9] Lee, J. 2006. "Neurophysiology and brain-imaging study of music -music & language, music & emotion-." *Nang Man Music*, 18(3): 69-146.
- [10] Lee, C. and Zhang, B. 2014. "Analysis on effective EEG connectivity of memory retrieval in the brain." *Journal of KIISE: Computing Practices and Letters*, 20(4): 257-261.
- [11] Lee, C. et al. 2011. "Properties of human cognitive learning in a movie scene-dialogue memory game using EEG-based brain function analysis." *Journal of Computing Science and Engineering*, 38(1): 210-213.
- [12] Lim, Y., Lee, S. and Hong, S. 2010. "Application of N100, P300 and QEEG as a biological marker in patients with schizophrenia." *The Korean Journal of Psychopharmacology*, 21(2): 78-86.
- [13] Jang, Y. and Han, J. 2014. "Analysis of EEG generated from concentration by visual stimulus task." *The Journal of the Korea institute of electronic communication sciences*, 9(5): 589-594.