

뇌파측정기술(EEG)과 판별분석을 이용한 영상물의 키프레임 자동 분류 방안 연구

Toward a Key-frame Automatic Extraction Method for Video Storyboard Surrogates Based on Users' EEG Signals and Discriminant Analysis

김현희 (Hyun-Hee Kim)*

초 록

본 연구는 뇌파측정기술(EEG)의 ERP와 판별분석을 이용하여 이용자 기반의 비디오 키프레임들을 자동으로 추출할 수 있는 방안을 제안하였다. 구체적으로, 20명의 피험자를 대상으로 한 실험을 통해서 이미지 처리 과정을 다섯 개의 정보처리단계들(자극주목, 자극지각, 기억인출, 자극/기억 대조, 적합 판정)로 구분하여 각 단계별로 적합한 뇌파측정기술의 ERP 유형을 제안하여 검증해 보았다. 검증 결과, 각 단계별로 서로 다른 ERP 유형(N100, P200, N400, P3b, P600)을 나타냈다. 또한 세 그룹(적합, 부분적합 및 부적합 프레임)간을 구별할 수 있는 중요한 변수들로는 P3b에서 P7의 양전위 최고값과 FP2의 음전위 최저값의 잠재기로 나타났고, 이러한 변수들을 이용해 판별분석을 수행한 후 적합 및 부적합 프레임들을 분류할 수 있었다.

ABSTRACT

This study proposed a key-frame automatic extraction method for video storyboard surrogates based on users' cognitive responses, EEG signals and discriminant analysis. Using twenty participants, we examined which ERP pattern is suitable for each step, assuming that there are five image recognition and process steps (stimuli attention, stimuli perception, memory retrieval, stimuli/memory comparison, relevance judgement). As a result, we found that each step has a suitable ERP pattern, such as N100, P200, N400, P3b, and P600. Moreover, we also found that the peak amplitude of left parietal lobe (P7) and the latency of FP2 are important variables in distinguishing among relevant, partial, and non-relevant frames. Using these variables, we conducted a discriminant analysis to classify between relevant and non-relevant frames.

키워드: 뇌파측정기술, 사건관련유발전위, 키프레임, 판별분석, 적합성
EEG, ERP, key-frame, discriminant analysis, relevance

* 명지대학교 문헌정보학과 교수(kimhh@mju.ac.kr)

■ 논문접수일자: 2015년 8월 26일 ■ 최초심사일자: 2015년 9월 8일 ■ 게재확정일자: 2015년 9월 15일
■ 정보관리학회지, 32(3), 377-396, 2015. [http://dx.doi.org/10.3743/KOSIM.2015.32.3.377]

1. 서론

최근 정보의 전달 미디어로 비디오가 많이 공급되고 있다. 비디오 이용자의 적합성 판정을 돕기 위해서 이러한 비디오 전체 클립을 보기 전에 비디오 내용을 파악할 수 있는 비디오의 텍스트 기반 메타데이터는 물론 비디오 영상초록이 절실히 필요하다. 영상초록을 구성하는 알고리즘을 효율적으로 설계하기 위해서 비디오 이용자의 인지적, 정서적 반응을 고려해야 한다. 즉, 이용자가 영상초록의 어떤 내용을 보고 주제를 파악하는 지에 대한 정보가 필요하고, 더 나아가 이용자의 적합성 판정 과정에 대한 지식도 필요해 보인다. 이용자의 인지적 반응을 고려한 연구로 이용자의 키프레임 인식 패턴에 기초하여 키프레임을 추출하는 기준(예, 주제와 관련된 객체, 이벤트/활동, 인물 등이 있는 프레임들을 선정함)을 정하고 그 기준에 따라서 프레임을 선정하는 방안들이 제안되기도 하였다 (Iyer & Lewis, 2007; Song, Marchionini, & Oh, 2010; Kim & Kim, 2010). 이러한 방안들에 의하여 키프레임을 자동으로 추출하기 위해서는 지속적인 이미지 프로세싱과 패턴인식 기술의 발전이 요구된다. 최근 김현희와 김용호(2015)는 인간의 시청각체계는 자극의 종류에 따라서 다르게 반응할 것이며 이러한 반응이 사람의 뇌에 반영된다는 가정하에 이용자의 인지적 반응을 고려하면서 자동으로 키프레임을 추출하기 위해서 뇌파측정기술(electroencephalography, EEG)을 이용하였다. 이들은 뇌파측정기술의 사건관련유발전위(Event Related Potentials, 이하, ERP) 중 하나인 P3b를 이용하여 비디오 키프레임을 자동으로 추출할 수 있는 가능성을 확

인하였으나 구체적인 분류 방안은 제시하지 않았다.

본 연구의 목적은 이미지 처리 과정을 다섯 개의 정보처리단계들(자극주목, 자극지각, 기억인출, 자극/기억 대조, 적합 판정)로 구분하여 각 단계별로 적합한 뇌파측정기술의 ERP 유형을 제안하여 검증해 보고, 이 결과를 기초로 하여 판별분석에 의해서 비디오 키프레임을 자동으로 분류할 수 있는 방안을 제안하여 비디오 영상초록을 좀 더 효율적으로 구성하고자 한다. 이를 위해서 피험자들에게 짧은 동영상을 보여준 후, 해당 동영상에서 추출한 프레임들을 각각 하나씩 제시한 후 제시된 프레임이 동영상의 주제를 얼마나 잘 나타냈는지에 따라서 '적합', '부분적합', '비적합' 중 하나를 선택하도록 하는 실험을 진행한다. 수집된 이용자 뇌파를 분석하기 위해서 ERP 방법을 적용한 이유는 비디오를 시청한 후 정보처리단계별로 뇌파 채널들이 반응하는 강도와 시점이 달라질 것으로 가정하였기 때문이다.

2. 기초 이론

2.1 두뇌 구조

두뇌에서 가장 큰 부피를 차지하는 대뇌 반구는 위치와 기능에 따라서 전두엽, 측두엽, 두정엽, 후두엽의 4개 영역으로 구분된다. 전두엽은 운동의 계획과 통제, 기억, 억제, 복잡한 사회적 행동의 통제 등에 관여한다. Tulving et al.(1994)은 우측 전전두엽이 기억 인출에, 좌

측 전전두엽이 부호화에 관여한다는 가설을 제안하였다. 즉, 전전두엽은 기억에 있는 적합한 정보를 탐색하는 과정을 돕거나 적합한 정보들이 인출된 후 현재 맥락에 가장 적절한 정보가 무엇인지를 선택하는 데 관여한다고 알려져 있다(Banich & Compton, 2011).

후두엽은 시각 증추가 있어 시각 피질이라고도 불리며, 눈으로 본 대상(물체)의 모양, 위치, 운동 상태 등을 분석한다. 이와 같이 정보가 후두엽에서 처리된 후 색이나 형태 정보는 측두엽으로 연결되는 복측 경로로 보내지고, 공간이나 운동 정보는 두정엽으로 연결되는 배측 경로로 보내진다(김명선 역, 2009). 이 두 경로가 서로 상호작용하여 정상적인 시각 경험이 일어나게 된다. 즉, 이 두 경로가 모두 전전두엽으로 정보를 보내며, 전전두엽에서 대상의 확인과 위치에 관한 정보를 통합한다.

두정엽은 감각계 정보와 기억에 저장된 정보를 통합하며, 개인의 내적 상태에 대한 정보와 외부 감각세계로부터의 정보를 통합하는 역할을 한다. 하두정엽(inferior parietal lobule)은 공간적인 주의 집중과 관련되어 있는 것으로 알려지고 있다(Naghavi & Nyberg, 2005). 또한 좌측 두정엽은 재인 기억(단서가 주어질 때의 기억)과 기억으로부터 인출된 정보에 관한 친밀감(familiarity)을 판단하는데 관계한다고 알려져 있다(Banich & Compton, 2011).

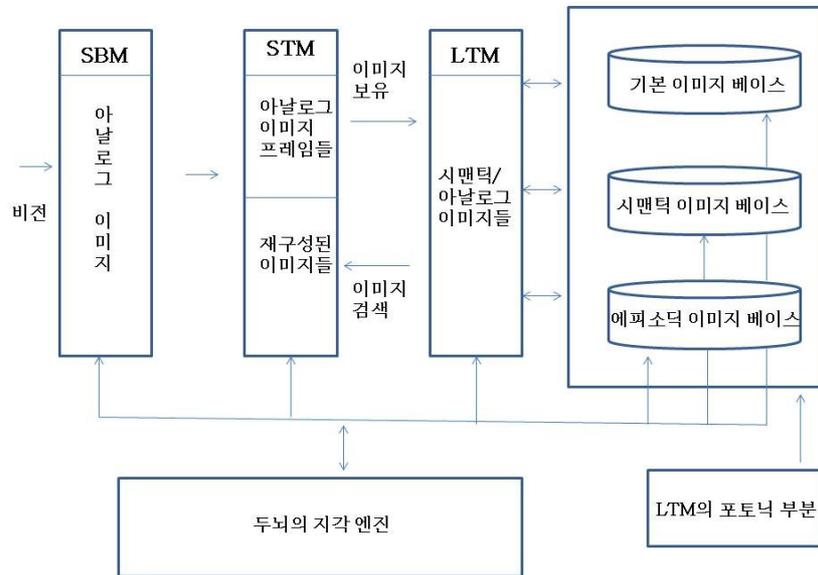
한편 측두엽은 기억, 시각 자극 재인, 청지각 처리, 정서 등에 관여한다. 또한 측두엽 신피질에 장기 기억이 저장되며, 전측 측두엽이 시맨틱 기억(semantic memory)을 담당한다. 이와 같이 측두엽은 새로운 장기 기억 형성과 시각 처리에서 중요한 역할을 담당하고 있는 것으로

알려져 있다(김명선 등역, 2014).

2.2 비주얼 정보처리모형

Wang의 비주얼 정보 처리의 이론적 틀을 설명하면 다음과 같다(Wang, 2009)(〈그림 1〉참조). 핵심적인 세 개의 기억 형식 즉, 감각 버퍼 기억(Sensory Buffer Memory, SBM), 단기 기억(Short-Term Memory, STM) 및 장기 기억(Long-Term Memory, LTM)이 있는데 이들 기억 장치는 지각 엔진의 통제하에서 관리된다. 비주얼 정보는 이 세 개의 기억 장치에서 다른 형태로 축적되고 검색되며 조작된다. SBM은 일시적으로 외부 객체의 직접적인 이미지로 아날로그 비주얼 정보를 축적한다. 이 축적된 정보는 아날로그 비주얼 프레임으로 STM에 이전된다. 추상적인 또는 상징적인 정보의 부분을 제외하고는 LTM에 보유된 비주얼 정보는 세 개의 유형 즉, 기본 이미지 베이스, 시맨틱 이미지 베이스 및 에피소딕 이미지 베이스로 분류된다. LTM에 표현된 비주얼 정보의 중요한 형태는 비아날로그적(또는 비포토적)이며, 상징적, 의미적, 명시적이나 몇 가지 예외가 있다. 예를 들어서, 공통적이고 간단한 모양과 입체 도형과 같은 시맨틱 이미지 베이스에서 비주얼 정보의 작은 부분이나 에피소딕 이미지 베이스(예, 가족들, 집, 아주 익숙한 장소 등에 대한 이미지)는 예외가 된다.

Baddeley(1997)는 단기기억이라는 용어 대신에 작업기억이라는 용어를 사용했다(강윤봉 역, 2010). Baddeley의 모형에 의하면, 작업기억장치(Wang 모형의 STM과 유사함)는 음운고리(phonological loop)(언어적 정보를 처리



〈그림 1〉 비주얼 정보처리 모형 (출처: Wang, 2009)

하는 데 관여함), 시공간 스케치판(시각계에서 받아들인 시공간 정보나 언어적 정보에서 만들어진 시각적 이미지 정보를 저장하고 조작함, 중앙집행기(음운 고리 및 시공간 스케치판의 정보 또는 장기기억 정보를 통합하여 적절한 정보에 주의를 기울이고 부적절한 정보를 배제하는 기능을 가짐)로 구성된다. 이러한 작업기억장치의 음운고리는 측두엽에 위치하고, 시공간 스케치판과 중앙집행기는 두정엽, 전두엽에 각각 위치할 것이라고 주장되고 있지만(Smith & Jonides, 1999; 김명선 등역, 2014), 아직까지 작업기억을 구성하는 요소들이 뇌의 어디에 위치하는가에 대한 정확한 이해가 부족한 실정이다.

장기 기억은 외현 기억과 암묵 기억으로 구분된다(김명선 역, 2009). Moscovitch(1992)는 암묵 기억은 의식적 조작이 가능하지 않으며 언어로 표현하는 것이 어려운 반면, 외현 기억은 의식적 회상이 가능하여 언어로 표현할

수 있다고 보고하였다. 이러한 외현 기억에 측두엽이 주요 역할을 하는 것으로 알려지고 있다(Hamann & Squire, 1997). 외현 기억은 다시 에피소딕 기억(episodic memory)과 시맨틱 기억(semantic memory)으로 구분된다. 에피소딕 기억은 특정한 시공간적 맥락에서 개인이 경험한 특정 사건(또는 에피소드)에 관한 기억을 의미하는 반면, 시맨틱 기억은 다양한 맥락에 걸쳐 일어나고 특정 감각 유형에 국한되어 있지 않는 개념, 사실 및 범주를 포함하는 세상에 관한 일반적인 지식에 관여한다. 시맨틱 기억은 전측 측두엽에 의존하며, 에피소딕 기억은 해마 영역에 의존한다고 알려져 있다(Banich & Compton, 2011).

2.3 ERP 유형

ERP는 EEG에 기록되는 뇌파 중에서 특정

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). 만약 파형이 양극으로 치우쳐져 있으면 P(positive), 음극으로 치우쳐져 있으면 N(negative)으로 나타내고, 자극 발생 순간부터 반응의 최고점(또는 최저점)에 이르는 시간인 잠재기가 얼마나 되는지에 따라 이름을 붙인다. 자극 발생 후 약 300ms 지점에서 양전위의 파형이 최고점에 이르렀을 경우, 이를 P300이라고 하고, 약 100ms 지점에서 음전위의 파형이 최저점에 이르렀을 경우, 이를 N100이라 부른다.

ERP는 자극 제시 후 200ms를 전후로 하여 두 가지 범주 즉, 초기 정점과 후기인지적 정점으로 구분될 수 있다(〈표 1〉 참조). 먼저 초기 정점들에는 N100, N200, P200이 있다. 자극 과정의 선택적 주의력과 관련된 N100은 피험자가 무시한 자극에 비교하여 주의를 준 자극에서 큰 진폭의 N100이 관찰되었고(Hillyard et al., 1973), P200은 N100과 유사하게 각성이 증

가되었을 때 일어날 가능성이 있기 때문에 자극을 무시하는 조건에서 보다는 주의를 기울이는 조건에서 더 크게 나타나는 경향이 있다고 보고되었다(Picton, Campbell, & Baribeau-Braun Proulx, 1978). N200은 기초적인 자극 분석을 반영하는 것으로, Naatanen Simpson 및 Loveless (1982)는 자극의 구별이 어려워질수록 잠재기가 길어지는 점으로 보아 자극의 확인 및 분류 과정과 관련이 있다고 주장하였다.

다음으로 후기인지적 정점들에는 P300, P3a, P3b, N400, P600이 있다. P300은 기억, 언어, 정서와 관련된 정보처리과정을 반영하는 것으로 알려져 있다(Donchin & Coles, 1988). P300은 다시 P3a와 P3b로 나누어지며, P3a는 제시된 자극들 중에서 일탈의 정도가 큰 표적 자극에 대해서 나타나는 자발적인 요소로 알려져 있다(Naatanen et al., 1982).

한편 P3b는 외부에서 들어오는 자극에 대한 주의 집중과 자극들을 구별하는 지각적 결정(perceptual decision)과 관련되는 것으로 알려졌다(Hillyard & Woods, 1979; DeFrance et

〈표 1〉 ERP 유형

ERP 요소	시간 대(ms)	선행 연구
N100	80 ~ 140	선택적 주의력과 관련(Hillyard et al., 1973)
N200	150 ~ 300	자극의 확인과 분류과정과 관련(Naatanen et al., 1982)
P200	150 ~ 275	선택적 주의력과 관련(Picton et al., 1978)
P300	300 ~ 400	기억, 언어, 정서 등과 관련된 정보처리과정을 반영(Donchin & Coles, 1988)
P3a	250 ~ 400	일탈의 정도가 큰 표적 자극에 대한 반응(Naatanen et al., 1982)
P3b	400 ~ 600	자극에 대한 주의 집중과 자극들을 구별하는 지각적 결정과 관련(Hillyard & Woods, 1979; DeFrance et al., 1997; Andreassi, 2006; 김현희, 김용호, 2015)
N400	300 ~ 500	의미적 처리과정 반영(Kutas & Hillyard, 1980; Koelstra et al., 2009): 장기 기억내의 정보를 탐색하는 과정을 반영(Picton, 1988; 김명선, 조상수, 권준수, 2000)
P600	500 ~ 900	장기 기억에 저장되어 있는 정보에 근거하여 자극을 더 정교하게 처리하는 과정과 관련(Smith, 1993)

al., 1997). P3b는 피험자가 자극 변화에 적극적으로 주의를 둘 때에만 유발된다. 이 성분은 두정엽과 중앙엽에서 특징적으로 나타난다(Andreassi, 2006). 김현희, 김용호(2015)는 P3b를 활용하여 이용자의 인지적 반응을 측정할 수 있는지의 가능성을 조사하고, 이를 검증하였다. 이들은 P3b에서 비디오 주제에 적합한 프레임 자극 시 좌측 두정엽 영역이 우측 두정엽 영역 보다 더 활성화 되며, 좌우측간 두정엽 영역의 활성화 정도가 유의한 차이를 보였다. 비적합 이미지 자극 시에는 좌측 두정엽 영역이 적합 이미지 보다 덜 활성화되고, 두정엽 영역의 좌우간 활성화도 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. P600은 회상 과정을 반영하거나 장기 기억에 저장되어 있는 정보에 근거하여 자극을 더 정교하게 처리하는 과정을 반영한다고 알려져 있다(Smith, 1993).

Kutas와 Hillyard(1980)에 의해서 발견된 N400은 의미가 일치하는 단어들 보다 일치하지 않은 단어들에서 더 큰 진폭의 N400이 관찰되어서, N400이 의미 처리를 반영한다고 주장하였다. 이러한 이론을 뒷받침하는 연구로 Koelstra et al.(2009) 연구가 있다. Koelstra et al.은 ERP 연구를 이용하여 태그를 자동으로 부여하는 방안을 제안하였다. 즉, 짧은 동영상 비디오들을 피험자들에게 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 가정하였고 이를 검증하였다.

재인기억과정(recognition memory task)을

측정한 연구에 의하면 N400이 기억탐색과 관련이 있다는 주장을 한다. 예를 들어서, Picton(1988)은 제시된 자극에 대한 정보를 장기 기억 내에서 찾을 양이 많아질수록 N400 진폭이 증가한다고 주장하였다. 김명선, 조상수 및 권준수(2000)는 즉각적 재인 기억과 지연 재인 기억이 ERP에 미치는 영향을 실험을 통해서 조사하였다. 새로운 단어(반복제시된 단어 중 처음 제시된 경우와 전혀 반복제시되지 않은 단어)와 지연 반복제시된 단어에서는 N400이 관찰된 반면, 즉각적으로 반복제시된 단어에서는 N400이 관찰되지 않았다. 이들은 새로운 또는 지연 반복제시된 단어는 장기 기억에서의 기억 탐색 과정이 필요하며 이로 인하여 N400이 생성된 것이라고 주장하였다.

2.4 연구 가설

선행 연구들을 살펴본 결과, 하나 또는 두 개의 ERP 유형을 가지고 정보 처리 과정을 설명하고 있다. 본 연구는 주제에 적합한 이미지를 인지하고 판단하는 데에 다섯 개의 정보처리단계들이 있다고 가정하고 단계별로 다섯 개의 연구 가설을 설정한 후(〈표 2〉 참조), 이러한 결과를 기초로 하여 판별분석을 이용하여 비디오 키프레임을 자동으로 분류할 수 있는지 검증해 본다.

- 1) 자극주목 단계는 전두엽이 관련되며, 실험 자극의 제시와 함께 자동적으로 수행되는 것으로 가정된다. 모든 지각자극에 대해 동일한 잠재기와 음전위 최저값을 보일 것으로 예측된다.

〈표 2〉 단계별 정보처리

단계		1	2	3	4	5
정보처리과정		자극주목	자극지각	기억 인출	자극/기억 대조	적합 판정
전극위치		전두엽	후두엽	전전두엽	두정엽/측두엽	전두엽
잠재기 가설	적합	N100	P200	N400	P3b	P600
	부분	N100	P200	N400	P3b	P600
	비적합	N100	P200	N200	P3a	P600
전위최고/ 최저가설	양전위최고값	-	Max(R) = Max(P) = Max(N)	-	Max(R) > Max(P) > Max(N)	Max(R) > Max(P) > Max(N)
	음전위최저값	Min(R) = Min(P) = Min(N)	-	Min(R) = Min(P) = Min(N)	-	-
Max.: 양전위 최고값 ; Min.: 음전위 최저값 ; R: 적합 ; P: 부분적합 ; N: 비적합						

- 연구 가설 1: “전두엽에 위치한 채널들의 잠재기는 세 개의 그룹(적합, 부분 및 비적합)에서 모두 N100을 나타내며, 세 그룹의 음전위 최저값들간에 유의한 차이가 없을 것이다.”
- 2) 시지각 자극 단계는 후두엽이 관련되며, 앞의 자극주목 단계처럼 피험자들은 제시된 실험 자극에 대해 거의 자동적으로 수행되는 것으로 가정된다. 따라서 모든 지각 자극에 대해 동일한 잠재기와 양전위 최고값을 보일 것으로 예측된다.
- 연구 가설 2: “세 개의 그룹에서 후두엽에 위치한 채널들은 P200에서 양전위 최고값들을 보일 것이다.”
- 3) 기억 인출 단계는 전전두엽이 관련된다. 후두엽이 수용한 시지각 자극과 관련되는 기억 탐색 과정은 매우 세밀한 기억 내부에 대한 주의 집중이 요구되며 그 결과 제시된 이미지 자극 중 적합 및 부분적합 이미지 자극의 경우만 N400을 나타낼 것으로 가정한다. 또한 비디오를 볼 때 중요하지 않다고 무시한 비적합 이미지 자극은 기억에 남아 있지 않을 것이라 고 가정하여, N200을 나타낼 것으로 예측된다.
- 연구 가설 3: “전전두엽에 위치한 채널들의 잠재기는 두 그룹(적합, 부분적합)에서 모두 N400을 나타내며, 비적합 이미지 그룹에서는 N200을 나타낸다. 하지만, 세 그룹의 음전위 최저값들간에 유의한 차이가 없을 것이다.”
- 4) 지각/기억 대조 단계는 후두엽을 통해 수용된 시지각 자극과 전전두엽의 기억인출 내용을 대조하는 작업으로 두정엽/측두엽이 관련된다고 가정된다. 피험자가 제시된 실험 이미지 자극에 부응하는 기억내용이 인출되어 의미부여가 가능할 때에는 P3b의 잠재기와 양전위 최고값이 유발되고, 제시된 이미지 자극에 부합하는 기억인출이 없어 의미부여가 불가능할 때에는 P3a의 잠재기와 양전위 최고값이 유발될 것으로 예측된다.
- 연구가설 4: “자극/기억대조 단계에서 두정엽과 측두엽에 있는 채널들의 잠재기는 두 개의 그룹(적합, 부분적합)에서 모두 P3b를 나타내며, 비적합 이미지 그룹

에서는 P3a를 나타낸다. 이 세 그룹간에 양전위 최고값의 평균에는 차이가 있을 것이다.”

- 5) 적합 판정 단계는 전두엽이 관여될 것으로 가정한다.
 - 연구 가설 5: “적합 판정 단계에서 전두엽에 채널들의 잠재기는 세 개의 그룹들이 모두 P600를 나타내며, 이 세 그룹간에 양전위 최고값의 평균에는 차이가 있을 것이다.”
- 6) 판별분석에 의해서 프레임들을 그룹별로 자동으로 분류할 수 있을 것으로 가정한다.
 - 연구 가설 6: “세 그룹별로 관련된 채널들의 전위최고/최저값과 잠재기가 유의한 차이를 보일 것이며 이러한 분석 결과 데이터를 판별분석기법에 적용할 수 있을 것이다”

3. 실험 설계

피험자들에게 6개의 비디오를 순서대로 제시한 후 각 비디오에서 추출한 9개의 프레임(이미지)들을 피험자들에게 무작위로 보여준 후 해당 프레임이 비디오 주제를 잘 나타내는지 판단하게 하였다.

3.1 실험 데이터와 뇌파 측정

성별, 나이 등에 따라서 뇌파의 차이가 있다고 알려졌기 때문에 뇌파 차이를 최소화하기 위해서 피험자의 자격을 오른손잡이 20대의 남자로 제한하여 M대학교 학부생 20명을 모집하

였다. 실험은 2014년 10월 27일부터 12월 9일까지 진행되었다. 모든 피험자에게 10여분 동안 연구에 대한 충분한 설명(실험 중에 어려움이 있으면 언제든지 중단할 수 있다는 정보를 포함)을 한 후 동의를 받았고, 기관생명윤리위원회의 승인을 받았다. 실험 데이터는 6개의 짧은 다큐 비디오들(1.09~2.11분)과 각 비디오에서 추출한 프레임들로 구성되었다. 6개의 다큐 비디오들 중 4개는 문화유산채널이 제작한 5분 다큐 비디오들을 줄인 것이고, 나머지는 MBC 스페셜 심리다큐(행복에 이르는 10단계)와 휴넷 감성다큐이다. 실험 절차를 설명하면 다음과 같다.

- 1) 7초 동안 실험에 대한 간단한 소개를 한다.
- 2) 집중을 위해서 처음에는 십자 표시가 있는 검정색 화면 그 다음에는 아무런 표시가 없는 검정색 화면을 각각 3초씩 보여준 다음 비디오를 보여 준다.
- 3) 첫번째 비디오를 보여준 후 해당 비디오에서 추출한 9개의 프레임들(연구자가 비디오 주제를 얼마나 잘 나타냈는지에 따라서 적합, 부분적합 및 부적합하다고 분류한 이미지들을 각각 3개씩 포함함)을 무작위로 보여준다. 각 프레임을 보여 줄 때는 앞에서 보여준 것과 동일한 두 개의 십자표시/검정색 화면들을 2초씩 각각 보여주었다.
- 4) 각 프레임은 6초 동안 보여준 후 그 다음 선택하는 방법을 설명하는 화면을 7초 동안 보여 주며 선택하도록 했다. 적합하다고 생각하면 '3'을 클릭하고, 부분적합 또는 부적합하다고 생각하면 '2'와 '1'을 각

각 클릭하도록 했다. 이와 같이 적합과 부분적합으로 구분한 것은 하나의 프레임이 주제를 나타내는 정도에 차이가 있다고 가정했기 때문이다.

- 5) 나머지 5개의 비디오들에서도 위의 2)번~4)번까지의 절차를 반복하여 진행했다. 다만 세 번째 비디오를 보여준 후에는 피험자들의 피로도를 고려하여 검정색 화면을 보여 주면서 30초 동안 잠시 휴식을 취하도록 하였다. 데이터 수집 시간은 피험자 당 총 26분 39초가 걸렸다.

뇌파 측정은 뇌파 측정기 Neuroscan Nuamp amplifier(Compumedics USA, El Paso, TX, USA)와 Ag-AgCl electrodes가 10~20 체계에 의해 심어져 있는 40채널 Quick Cap을 사용하였다. 사용된 전극들에는 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 및 TP7/TP8을 포함하였다. 뇌파 표집율(sampling rate)은 1,000Hz였다. 안구의 눈깜박임이나 움직임 측정하기 위해 수직안구전도(vertical electrooculogram)는 좌측 안구의 위아래 두 곳에서 측정하였고, 수평안구전도(horizontal EOG)는 양안의 외안각(outer canthi)에서 측정하였다. 레퍼런스(reference) 전극은 A1과 A2를 측정하였다. E-Prime을 사용하여 자극제시와 뇌파측정의 시작점 동기화를 통제하였다. 본 연구는 뇌파자료를 주파수대역 별로 구분하지 않고 통합 분석하는 최근의 유사한 ERP 연구들의 경향을 따랐다(Jung et al., 2012; 임용수, 이승환, 홍석인, 2010).

3.2 뇌파 분석

측정된 뇌파는 CURRY 7.09(Compumedics, El Paso, TX, USA) 프로그램을 이용하여 분석하였다. 피험자의 눈깜박거림과 같은 동작으로 생기는 잡음은 공분산(covariance) 행렬을 이용하여 제거하였다. 20명의 피험자들에게 수집한 뇌파 데이터 중에서 뇌파 데이터의 품질이 낮은 3명의 뇌파 데이터를 제외시켜 17명의 데이터를 최종적으로 분석하였다.

수집된 17명의 뇌파 데이터에서 자극(event)들을 확인하여 각 피험자가 구분한 비적합 이미지(자극 번호: 1), 부분적합 이미지(자극 번호: 2) 및 적합 이미지(자극 번호: 3)로 구분된 에폭(epoch)을 생성하였다. 기저선 교정을 시행하고, 이미지를 보고 나서 적합성을 판단할 때까지의 뇌파를 측정하기 위해서 에폭의 길이는 -200~1,000ms, 즉 자극 제시 전 200ms부터 자극 제시 후 1,000ms까지로 정하였다. 이는 피험자가 각 이미지를 보고 1초 이내에 적합성 여부를 판정할 것으로 가정했기 때문이다. 각 피험자당 1.2초 짜리 에폭을 54개(6개 비디오에서 각 비디오당 9개 프레임들) 추출하여 피험자당 총 64.8초의 자료를 이용하였다. 생성된 에폭 파일은 자극 전 -200ms값을 이용하여 기저선 교정을 시행하였다. 사용된 band pass filtering은 0.1~30Hz이고, 전체 채널에서 파형의 음전위와 양전위간 차이(진폭)가 -75~75 μ V를 넘으면 잡파로 간주하여 제거하였다. 총 918개([한 피험자 당] 54개 X 17명) 에폭들에서 잡음 제거와 같은 필터링 과정을 거친 후 22개 에폭들을 제외하여 896개 에폭들(적합: 325개, 부분적합: 334개, 비적합: 237개)을 분석하였다.

4. 가설 검증

4.1 단계별 정보처리

연구 가설들(1~5)을 검증하기 위해서 뇌파 측정 데이터를 입력 자료로 하여 SPSS 22의 반복측정 분산분석을 사용하여 분석하였다. 통계 분석을 위한 입력 데이터의 사례수는 17명으로 하고, 개체-내 변수들은 적합수준(3개 수준: 적합, 부분적합 및 비적합)으로 하였다. <표 3>에서 기술된 양전위최고값(또는 음전위최저값)들을 해당 ERP 구간에서 구한 것이다. 예를 들어서, 부분적합 이미지의 경우 P7의 양전위최고값은 잠재기(258ms)에서 6.58 μ V로 나타났으나 P3b에서의 최고값은 5.68 μ V이기 때문에 이 값을 <표 3>에 기술한 것이다. 잠재기 평균은 CURRY 7.09 프로그램을 이용하여 각 채널의 0~1초 사이의 양전위최고값(또는 음전위최저값)들의 평균 잠재기를 구한 것이다.

1) 연구 가설 1의 검증 결과: 자극주목 단계에서 좌측 전전두엽(FP1), 좌측 전두엽(F3, F7), 중앙 전두엽(Fz)에서 세 그룹 모두 주의력과 관련된 N100를 나타냈고, 세 그룹간에 Fz에서 음전위 최저값의 유의한 차이는 없었다. 이와 같이 세 그룹간의 음전위 최저값에서 유의한 차이가 없다는 점을 고려해 본다면 자극주목 단계는 피험자들이 실험 지시에 따라서 거의 자동적으로 수행되는 단계로 생각되어 연구 가설 1은 검증되었다.

2) 연구 가설 2의 검증 결과: 자극지각 단계에서 좌우측 및 중앙 후두엽(O1, Oz, O2)에서 눈으로 본 대상의 모양이나 위치, 운동 상태를 분석하는 시각정보처리 단계와 관련된 P200를 나타냈고, 세 그룹간에 Oz의 양전위 최고값에서 유의한 차이는 없는 것으로 나타나 가설 2가 검증되었다. 따라서 이 단계는 피험자들이 자극 이미지를 보는 초기 단계로 생각해 볼 수 있다.

3) 연구 가설 3의 검증결과: 기억 인출 단계

<표 3> 가설 검증 결과

단계		1	2	3		4			5	
정보처리과정		자극 주목	자극 지각	기억 인출		자극/기억 대조			적합 판정	
전극위치(ERP)		전두엽(N100)	후두엽(P200)	전전두엽/전두엽(N400)		두정엽/측두엽(P3b)			전두-측두엽(P600)	
		Fz	Oz	FP2	F8	P7	T7	TP7	FT7	FT9
평균 전위최고/최저값(μ V) (평균 잠재기 [ms])	적합(R)	-4.52 (131)	9.35 (254)	-9.03 (500)	-11.42 (505)	9.43 (455)	6.31 (554)	7.61 (557)	7.69 (819)	6.13 (565)
	부분적합(P)	-4.90 (141)	9.77 (258)	-8.71 (283)	-10.34 (475)	5.68 (258)	3.22 (834)	4.70 (559)	3.27 (977)	2.67 (977)
	비적합(N)	-4.95 (134)	9.16 (266)	-7.48 (206)	-9.15 (294)	6.83 (484)	3.13 (851)	5.40 (491)	6.11 (827)	4.18 (972)
F(2, 15) 값		0.26	0.41	0.48	1.44	8.18	11.49	13.61	7.21	4.41
p값		0.770	0.663	0.629	0.269	0.004*	0.001*	0.000*	0.006*	0.031*
사후 검증		차이 없음	차이 없음	차이 없음	차이 없음	R > P R > N	R > P R > N	R > P R > N	R > P -	R > P -

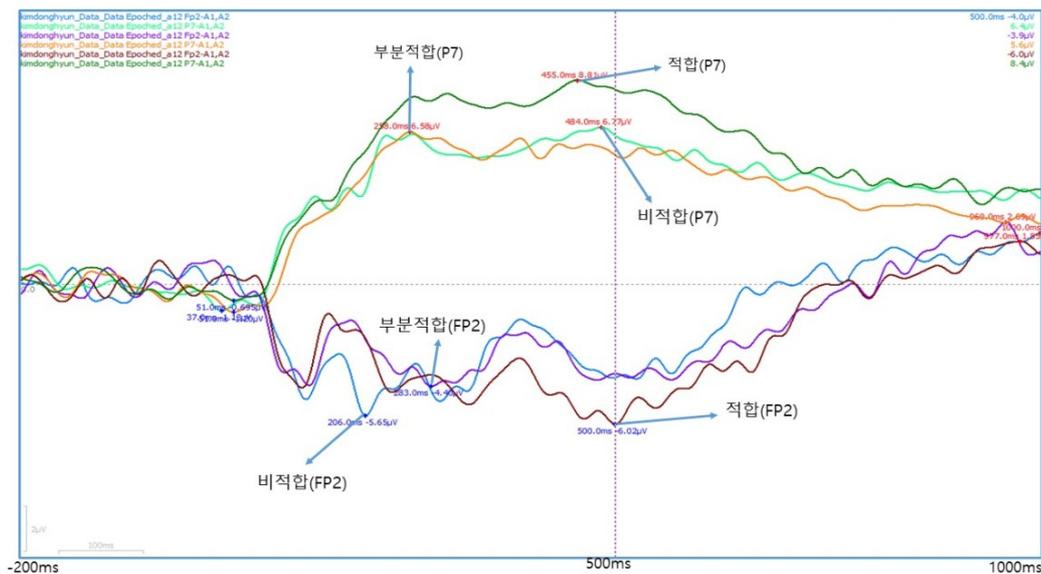
* 표시는 그룹간에 유의한 차이가 있는 채널임; 잠재기가 예측된 ERP 범위를 넘어난 것들은 밑줄로 표시함

에서 예측한 대로 적합 이미지 자극 시 전전두엽의 FP2와 전두엽의 F8는 복잡한 자극에 대한 평가나 처리가 요구되는 경우에만 관찰되는 N400을 나타냈고, 비적합 이미지 자극 시 FP2와 F8는 자극을 확인하고 분류할 때 나타나는 N200을 나타냈다. 그리고 세 그룹의 300~500ms 사이의 평균 음전위 최저값에서 유의한 차이는 없었다. 부분적합 자극 시에는 예측과 달리 FP2는 N400 대신 N200을 나타냈다. 이는 비적합/부분적합 이미지는 기억 인출 시 FP2에서 세밀한 기억 탐색의 과정이 필요하지 않기 때문에 N400 대신에 N200을 나타낸 것으로 추측된다(〈그림 2〉 참조). 〈그림 2〉와 〈그림 3〉에서의 평균 전위최고/최저값은 〈표 3〉의 데이터와 서로 다르다. 이는 〈그림 2〉과 〈그림 3〉은 CURRY 7.09 프로그램을 사용하여 뇌파 파형에서 구한 평균값이고, 〈표 3〉의 데이터는 반복측정 분산분석을 위해서 피험자별로 분석하여 평균값을 구했

기 때문이다.

4) 연구 가설 4의 검증 결과: 자극/기억 대조 단계에서 정보가 후두엽에서 처리된 후 색이나 형태에 대한 정보는 측두엽으로 연결되는 복측 경로로 보내지고, 공간 및 운동 정보는 두정엽으로 연결되는 배측 경로로 보내진다(김명선 역, 2009). 그런 다음 이 두 시각 경로가 서로 상호작용하여 정상적인 시각 경험이 일어난다. 즉, 이 두 경로가 모두 전전두엽으로 정보를 보내며, 그 곳에서 대상의 확인과 위치에 관한 정보를 통합한다(〈그림 2〉 참조).

적합 이미지 자극 시 좌반구에 위치한 두정엽(P7), 측두엽(T7) 및 측두-두정엽(TP7)의 양전위 최고값들이 모두 P3b에 적용되고 다른 두 그룹과 비교하여 양전위 최고값들이 유의한 차이를 보이며 각각 가장 높았다. 비적합 이미지 자극 시 P3a를 나타낼 것이라는 예측과 달리 P7과 TP7의 두 채널에서 모두 적합 이미지와



〈그림 2〉 세 그룹에서 P7과 FP2와의 관계

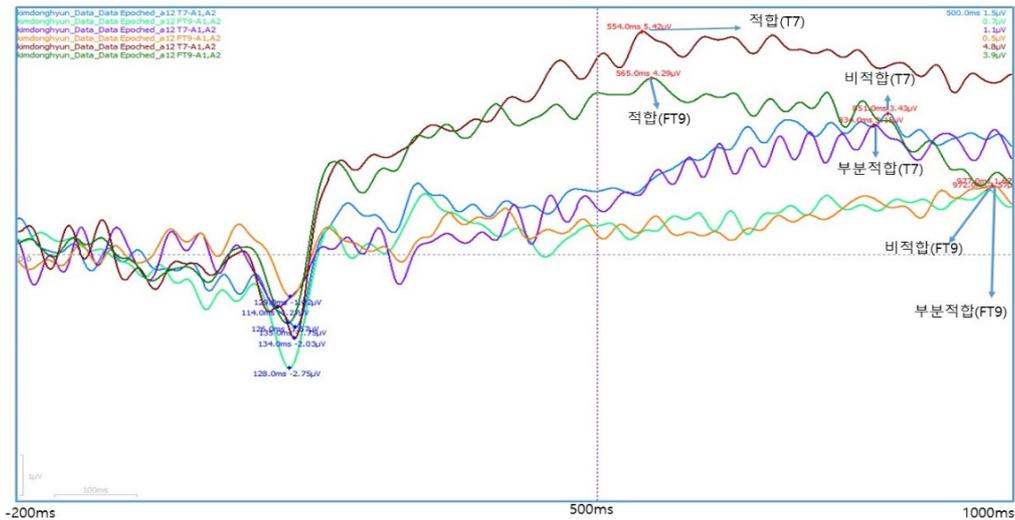
동일하게 P3b를 나타냈고, T7의 경우는 P600을 나타냈다. 부분적합의 경우는 P7이 제시된 자극들 중에서 일탈의 정도가 큰 표적자극에 대해서 나타나는 P3a를 나타냈고, TP7은 P3b, T7은 P600을 각각 나타냈다.

위에서 분석한 채널들은 모두 좌반구에 위치해 있다. 우반구에 있는 두정엽과 측두엽을 분석한 결과, 두정엽(P8)($F=0.68, p=0.523$), 측두엽(T8)($F=0.15, p=0.860$) 및 측두-두정엽(TP8)($F=0.11, p=0.897$)은 세 그룹간에 모두 양음전위 최고/최저값에서 유의한 차이가 없었다. 우측 두정엽(P8)의 세 그룹 잠재기는 모두 P3a로 나타났고, 우측 측두엽/측두-두정엽의 잠재기는 T8(적합: N400, 부분/비적합: N200), TP8(적합/비적합: P100, 부분적합: P3a)로 각각 나타났다.

이러한 결과로 볼 때 적합 이미지 자극 시 좌측의 두정엽, 측두엽 및 측두-두정엽들이 모두 일관성 있게 P3b에서 가장 높게 활성화 되었

다. 또한 <그림 2>에서 확인할 수 있는 것처럼 적합 이미지 자극이 제시되었을 때, 같은 잠재기대(두정엽 P7, 455ms; 전전두엽 FP2, 500ms)에 두 채널이 상호작용하는 것으로 보였다. 부분적합 이미지 자극 시에도 같은 잠재기(P7, 258ms; FP2, 283ms)에 이 두 채널이 상호작용하는 것으로 보였다. 한편, 비적합 이미지의 경우 두 채널의 잠재기들은 서로 달랐다(P7, 484ms; FP2, 206ms).

5) 연구 가설 5의 검증결과: 적합 판정 단계에서 좌측 전두-측두엽(FT7, FT9)이 앞의 단계들에서 수집된 정보를 기반으로 하여 현재 맥락에 가장 적절한 정보가 무엇인지를 선택할 것이라고 예측하였다(<그림 3> 참조). FT7과 FT9에서 세 그룹 모두 P600을 나타냈고, 양전위 최고값간에 유의한 차이가 있었다. 하지만 사후 검증 결과, 예상과 달리 부분 적합 이미지의 양전위 최고값이 가장 낮았고, 적합 이미지와 비적합 이미지간에는 유의한 차이가 없었다.



<그림 3> 세 그룹에서 T7과 FT9의 뇌파 패턴

4.2 전위값과 잠재기를 활용한 판별분석

다음은 판별분석에 의해서 프레임들을 그룹별로 자동으로 분류할 수 있는지를 확인하기 위해서 SPSS 22를 이용하였다.

4.2.1 절차

32개 채널과 MGFP1(모든 채널의 평균전위값) 그리고 각 채널의 잠재기 중에서 유의미하게 세 집단을 판별할 수 있는 판별변수들을 알아보기 위해서 판별분석을 수행하였다. 판별분석은 두 개 이상의 모집단에서 추출된 표본들이 지니고 있는 정보를 이용하여 하나의 표본이 어느 모집단에서 추출된 것인지를 결정해주는 기준을 찾는 분석방법이다.

앞 장에서 이미지를 처리하는 과정을 다섯 개의 정보처리단계들로 구분하여 분석해 보았다. 이러한 분석 결과에 기초하여 적합 이미지, 부분적합 이미지 및 비적합 이미지간을 구분할 수 있는 정보를 제공하는 단계에는 기억 인출, 자극/기억 대조 및 적합 판정 단계가 있다. 특히 자극/기억 대조 단계에서 적합 이미지 집단 대 부분/비적합 이미지 집단간에 유의미한 차이를 보이는 P7, T7, TP7의 양전위 최고값들이 있다. 기억 인출 단계에서는 FP2와 F8의 잠재기들이 중요한 판별 변수들로 사용될 것으로 생각된다. 적합 판정 단계에서는 FT7과 FT9의 양전위 최고값들이 적합 이미지와 부분적합 이미지를 구분하는데 사용될 수 있을 것이다.

판별분석을 위해서 다음과 같은 작업을 수행하였다.

첫째, 판별함수를 구성하기 위해서 입력 데이터로 P3b에서 12명의 피험자들의 32개 채널

과 MGFP1의 양전위 최고값들, P600에서 12명의 피험자들의 32개 채널과 MGFP1의 양전위 최고값들 그리고 12명 피험자들의 두 개의 채널(FP2와 F8)에서의 음전위 최저값들의 잠재기들을 사용하였다.

둘째, 도출된 판별함수를 이용하여 입력 자료로 사용된 사례 12명과 입력 자료로 사용하지 않은 새로운 사례 5명을 분류해 보고자 한다. 판별함수의 변수를 선택할 때 모든 변수를 사용하는 방법과 단계별로 변수를 선택하는 단계별 선택 방법이 있다. 모든 변수를 이용하는 방법은 분석에 사용된 사례를 정확하게 분류하는 적중률은 높으나 새로운 사례를 분류하는 적중률이 낮게 나오는 경향이 있다. 본 연구에서는 이 두 가지 방법을 모두 적용해 보기로 한다.

셋째, 분류 그룹은 세 그룹으로 구분할 경우 적중률이 높지 않아서 부분 적합으로 분류된 그룹을 제외한 적합그룹과 비적합 그룹만을 이용하여 두 그룹으로 분류해 보는 작업을 수행한다. 따라서 입력 데이터에서 적합 이미지와 부분 적합 이미지를 구분하는 데 사용되는 P600의 32개 채널과 MGFP1의 양전위 최고값들은 제외시켰다.

4.2.2 분석 결과

분석 결과, 한 개의 판별함수를 도출하였고, Wilk's 람다(Lambda) 방식으로 유의성을 검증한 결과, 유의미한 것으로 나타났다(람다값=0.59, $p < 0.01$)(<표 4> 참조). 변수와 정준 판별함수간의 상관계수를 나타내는 구조행렬에 의하면 0.60 이상의 변수들로 P7($r=0.72$), Oz($r=0.68$), TP7($r=0.64$) 등이 있다(<표 5> 참조). 이들 중에서 분석에 사용된 판별변수(독립변수)로 제1단계

〈표 4〉 전위값과 잠재기에 의한 판별분석 결과

	판별 함수	
	표준화된 정준 판별함수 계수	구조 행렬
P7	0.81	0.72
FP2 잠재기	0.70	0.60
Eigen value		0.71
설명 변량		100.0
정준 상관		0.64
Wilk's Lamda		0.59 (p=0.004)

〈표 5〉 구조 행렬

변수	상관계수	변수	상관계수	변수	상관계수	변수	상관계수
P7*	0.72	Oz	0.68	O1	0.65	PO2	0.64
TP7	0.64	MGFP1	0.63	P4	0.61	FP2_잠재기*	0.60

* 표시는 선정된 변수를 나타냄

에서는 P7($r=0.72$)이 선정되고, 제2단계에서는 FP2_잠재기($r=0.60$)가 선정되었다. 이와 같이 판별변수(독립변수)들이 상관계수 순서대로 선정되지 않는 이유는 판별변수를 선택하는 기준으로 판별 기여도와 함께 다른 독립변수간의 상관관계가 고려되기 때문이다. 즉, 상관계수가 높은 두 변수들을 판별변수로 선정하기 보다는 두 독립변수 중 하나를 먼저 판별변수로 사용하고, 선정된 판별변수와 상관계수가 낮은 독립변수를 채택하여 좀 더 효율적인 판별함수를 구현하기 때문이다. 이에 따라서, P7과 양의 상관관계가 높은 Oz($r=0.63$), O1($r=0.76$), PO2($r=0.64$), TP7($r=0.82$), MGFP1($r=0.61$), P4($r=0.66$)가 제외된 반면, P7과 낮은 음의 상관관계($r=-0.12$)를 나타낸 FP2_잠재기가 비록 판별 기여도($r=0.60$)가 다른 독립변수들 보다 상대적으로 낮지만 두 번째 판별변수로 선정되었다.

단계별 선택 방법을 사용한 경우 판별함수에 의해서 분류된 집단별 적중률은 〈표 6〉과 같다.

판별함수를 구성하기 위해서 입력 데이터로 사용된 12명이 정확하게 분류된 확률은 비적합 이미지 그룹에 분류되는 적중률(91.7%)과 적합 이미지 그룹에 분류되는 적중률(66.7%)의 평균인 79.2%였다. 한편 판별함수를 도출하기 위해서 입력 데이터로 사용되지 않은 5명이 정확하게 분류된 확률은 비적합 이미지 그룹에 분류되는 적중률(60.0%)와 적합 이미지 그룹에 분류되는 적중률(80.0%)의 평균인 70.0%였다. 17개 사례(사용된 및 새로운 사례)에 대한 분류 일치도는 Kappa 분석 결과 0.59로 나타났다.

모든 변수를 이용하는 방법의 경우 판별함수에 의해서 분류된 집단별 적중률은 〈표 7〉과 같다. 분석에 사용된 사례를 정확하게 분류하는 적중률(100.0%)은 높으나 새로운 사례를 분류하는 적중률(60.0%)이 낮게 나타났다. 17개 사례에 대한 분류 일치도는 Kappa 분석 결과 0.77로 나타났다.

〈표 6〉 분류 결과(단계별 선택 방법)

1: 비적합 3: 적합		예측되는 소속집단		전체
		1	3	
사용된 사례	원래값 빈도(%) 1	11(91.7%)	1(8.3%)	12(100%)
	3	4(33.3%)	8(66.7%)	12(100%)
새로운 사례	원래값 빈도(%) 1	3(60.0%)	2(40.0%)	5(100%)
	3	1(20.0%)	4(80.0%)	5(100%)

적중률: 사용된 사례(79.2%), 새로운 사례(70.0%)

〈표 7〉 분류 결과(모든 변수 이용 방법)

1: 비적합 3: 적합		예측되는 소속집단		전체
		1	3	
사용된 사례	원래값 빈도(%) 1	12(100.0%)	0(0.0%)	12(100%)
	3	0(0.0%)	12(100.0%)	12(100%)
새로운 사례	원래값 빈도(%) 1	3(60.0%)	2(40.0%)	5(100%)
	3	2(40.0%)	3(60.0%)	5(100%)

적중률: 사용된 사례(100.0%), 새로운 사례(60.0%)

5. 논의와 결론

본 연구는 뇌파측정기술의 ERP와 판별분석을 이용하여 사용자 기반의 비디오 키프레임들을 자동으로 추출할 수 있는 방안을 제안하였다. 구체적으로 연구 가설들의 검증 과정을 통해서 이미지 처리의 다섯 단계들(자극주목, 자극지각, 기억인출, 자극/기억 대조, 적합 판정)에서 각 단계별로 특정 ERP 유형을 나타내는 것을 확인하였고, 이 결과를 기초로 하여 판별 분석기법을 이용하여 비디오 키프레임들을 자동으로 분류해 보았다.

본 연구 결과는 키프레임 추출 알고리즘 구성에 적용될 수 있을 것으로 생각되며, 정보검색의 핵심 개념인 적합성을 이해하기 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다. 더 나아가 디지털도서관시스템에서 정보를 탐색

할 때 뇌파 정보를 활용하여 이용자가 적합한 자료라고 판단한 상황을 이해하고, 시스템이 이용자를 위해서 미리 그 다음 작업(예, 상세 레코드 출력 및 다운로드)을 수행할 수 있는 정보 환경을 구현할 수 있을 것이다.

다음은 다섯 개의 정보처리단계들의 각 단계에서 분석한 실험 결과와 판별분석 결과를 요약하고 그 의미를 논의해 본다.

첫째, 자극주목 단계에서 좌반구에 있는 전두엽(FP1)과 전두엽(F3, F7) 그리고 중앙전두엽(Fz)에서 세 그룹 모두 주의력과 관련된 N100를 나타냈다. 세 그룹간에 Fz의 음전위 최저값에서 유의한 차이는 없었다. 이 단계는 피험자들이 실험 지시에 따라서 자동적으로 수행되는 작업으로 생각된다.

둘째, 자극지각 단계에서 좌우반구 및 중앙에 있는 후두엽(O1, Oz, O2)에서 눈으로 본 대

상의 모양이나 위치, 운동 상태를 분석하는 것과 관련된 P200를 나타냈다. 세 그룹간에 Oz의 양전위 최고값에서 유의한 차이는 나타나지 않았다. 따라서, 이 단계를 피험자들이 자극 이미지를 보는 초기 단계로 생각해 볼 수 있다.

셋째, 기억 인출 단계에서 세 그룹의 음전위 최저값들에서 유의한 차이는 없었고, 잠재기의 차이만 나타났다. 적합 이미지 자극 시 전전두엽의 FP2와 전두엽의 F8는 복잡한 자극에 대한 평가나 처리가 요구되는 경우에만 관찰되는 N400을 나타냈다. 한편, 비적합 이미지 자극 시 FP2와 F8은 자극을 확인하고, 분류할 때 나타나는 N200을 나타냈고, 부분적합 자극 시에는 FP2와 F8은 N200, N400을 각각 나타냈다. 이러한 결과로 볼 때 비적합/부분적합 이미지는 기억 인출시에 FP2에서 세밀한 기억 탐색의 과정이 필요하지 않기 때문에 N200을 나타낸 것으로 생각된다.

넷째, 자극/기억 대조 단계에서 정보가 후두엽에서 처리된 후 측두엽과 두정엽으로 나뉘어서 보내진다. 적합 이미지 자극 시 좌반구에 위치한 두정엽(P7), 측두엽(T7) 및 측두-두정엽(TP7)의 양전위 최고값들이 모두 P3b에 적용되고 다른 두 그룹과 비교하여 양전위 최고값들이 유의한 차이를 보이며 가장 높게 나타났다.

여기서, 주의 깊게 관찰할 점은 그룹간에 유의한 차이가 나타난 채널들은 모두 좌반구에 있다는 점이다. 우반구에 있는 두정엽(P8), 측두엽(T8) 및 측두-두정엽(TP8)의 양음전위 최고/최저값들은 그룹간에 유의한 차이가 없었다. 이러한 결과로 볼 때 피험자들이 P3b에서 적합 이미지를 볼 때 부분/비적합 이미지를 볼 때 보다 더 집중하게 되고 이로 인하여 좌측 두

정엽/측두엽이 더 활성화 된 것으로 생각해 볼 수 있다.

다시 말해서, 피험자들은 동영상을 실시간으로 볼 때 주제를 나타내는 장면을 기억해 두고, 비디오를 본 이후에 기억해 둔 주제에 적합한 프레임(장면)이 제시될 때 친밀감을 나타낼 것이라고 가정해 볼 수 있다. 이러한 가정은 좌측 두정엽은 재인 기억과 인출된 정보에 관한 친밀감을 판단하는 데 관계한다는 Banich와 Compton(2011)의 연구 결과와 맥락상 유사한 점이 있다. 다른 한편 Davidson과 Irwin(1999)은 전전두엽의 경우, 우반구 활성화의 정도가 좌반구보다 큰 경우는 부정적 철수-관련 정서와 관련이 있고, 좌반구 활성화의 정도가 우반구보다 더 크면 긍정적 접근-관련 정서와 관련이 있다고 주장하였다. 그러나 이러한 연구 결과를 두정엽/측두엽에 바로 적용하기는 무리가 있어 보여 좀 더 연구가 필요해 보인다.

다섯째, 앞의 단계들에서 수집된 정보를 기반으로 하여 현재 맥락에 가장 적절한 정보가 무엇인지를 선택할 것으로 예측되는 적합 판정 단계에서 좌측 전두-측두엽(FT7, FT9)이 세 그룹 모두에서 P600을 나타냈고, 양전위 최고값간에 유의한 차이가 있었다. 이 두 채널 모두에서 적합 이미지의 양전위 최고값이 부분적합 이미지의 양전위 최고값 보다 유의한 차이를 나타내며 높게 나타났고, 적합 이미지와 비적합 이미지간에는 유의한 차이가 없게 나타났다. 따라서 적합 판정 단계의 분석 결과는 적합 이미지를 부분적합 이미지와 구분하는 데에만 사용될 수 있을 것이다.

여섯째, 판별분석 결과, 중요한 판별변수들로 P7($r=0.72$)와 FP2_잠재기($r=0.60$)가 선

정되었다. 단계별 선택 방법을 사용한 경우 적중률은 사용된 사례에서는 79.2%, 새로운 사례에서는 70.0%로 나왔고, 17개 사례에 대한 분류 일치도는 Kappa 분석 결과 0.59로 나타났다. 한편, 모든 변수를 이용하는 방법의 경우 적중률은 사용된 사례에서는 100.0%, 새로운 사례에서는 60.0%로 나왔고, 17개 사례에 대한 분류 일치도는 Kappa 분석 결과 0.77로 비교적 높게 나타났다.

이와 같이 사용된 그리고 새로운 사례들에서 적중률이 기대한 만큼 높지 않다. 이를 보완하는 방법으로 먼저 실험 대상자의 수를 늘려서 사례수를 확대하는 방안을 생각해 볼 수 있다. 이외에 ERP 분석 결과를 패턴인식 기술에 기초하여 키프레임들을 추출하는 알고리즘과 함께 이용하는 방안을 사용할 수 있다. 예를 들어서, 사람들이 자주 키프레임으로 선정하는 것은 배경을 나타내는 프레임 보다 주제를 나타내는 객체, 인물 또는 사건을 기술하는 프레임들이다. 따라서 패턴인식 기술에 의하여 프레임 내용을 분석하여 어떤 내용을 기술하고 있는지 자동 분석한 후 이 정보를 피험자들의 EEG 정보와 결합하여 프레임을 분류한다면 적중률을 훨씬 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다. 유사한 연구로 Kapoor et al.(2008)은 얼굴, 동물 및 무생물을 포함하고 있는 이미지를 분류하기 위해서 컴퓨터 비전 알고리즘과 EEG 정보를 함께 사용하였다. 그 결과, 두 가지 방법을 사용한 경우의 분류 적중률(86.67%)은 EEG 정보만 사용한 경우의 적중률(68.33%) 그리고 컴퓨터 비전 알고리즘만을 사용한 경우의 적중률(81.67%)보다 높게 나타났다.

이러한 결과를 토대로 하여 후속 연구로 이용자들이 비디오를 시청하고 있는 온라인상에서 키프레임을 실시간으로 추출하는 방법을 모색해 볼 수 있다. 이 방법을 이용하기 위해서는 비디오를 실시간으로 보는 동안 주제에 적합한 장면이 나올 때 이용자들이 어떤 뇌파 패턴을 보이는지에 대한 연구가 선행되어야 한다. 즉, 비디오를 실시간으로 시청하면서 관심이 있는 동영상 장면이 나올 때 생성되는 뇌파 패턴이 정지 이미지를 시청할 때 보이는 뇌파 패턴과 유사한지 또는 전혀 다른 패턴을 보이는지에 대한 분석이 필요하다.

본 연구의 실험설계는 동영상을 먼저 시청한 후 동영상에서 추출한 정지화면을 보고 동영상의 주제 적합도를 판정하는 방식이었다. 따라서 동영상을 시청하는 단계에서 비디오 주제를 파악하기가 쉽지 않고 동영상 장면들은 정지화면과 달리 연속적으로 제시되므로 서로 밀접하게 연관되어 있을 수 있으며 이를 구분하기도 매우 어렵다. 더 나아가 정지화면에 대한 ERP 방법에 적용되던 기저선을 동영상에 어떤 방식으로 적용할 것인지에 대한 문제도 있다. 이에 따라서 비디오의 장면을 분석할 때 정밀한 측정이 요구되는 ERP 보다는 정량화뇌파(QEEG) 방법(뇌파를 정량화 분석하여 확률론적으로 접근하는 방식으로 뇌파를 진동하는 주파수의 범위에 따라 알파파(α), 베타파(β) 등으로 구분하여 분석하는 방법)이 적합할 수 있다(장윤석, 한재웅, 2014). 이러한 연구결과들은 실시간으로 키프레임을 추출할 수 있는 방안을 설계하는데 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 권준수 (2000). 인지기능연구에서의 사건관련전위의 이용. *인지과학작업*, 1(1), 79-98.
- 김명선, 조상수, 권준수 (2000). 즉각적 재인 기억과 지연 재인 기억이 사건관련전위에 미치는 영향. *한국인지과학회논문지*, 11(3-4), 83-93.
- 김현희, 김용호 (2015). 이용자 기반의 비디오 키프레임 자동 추출을 위한 뇌파측정기술(EEG) 적용. *한국문헌정보학회지*, 49(1), 443-464. <http://dx.doi.org/10.4275/KSLIS.2015.49.1.443>
- 이지영 (2006). 뇌 연구방법론을 통해 살펴본 음악 처리과정 연구: 음악과 언어, 음악과 정서를 중심으로. *낭만음악*, 18(3), 69-146.
- 이충연 외 (2011). EEG 기반 뇌기능 분석을 이용한 영화 장면 - 대사 기억 게임에서의 인지 학습 특성. *한국정보과학회*, 38(1), 210-213.
- 임용수, 이승환, 홍석인 (2010). 정신분열병 환자에서 생물학적 지표로서 N100, P300과 정량화뇌파의 적용. *대한정신약물학회지*, 21(2), 78-86.
- 장윤석, 한재웅 (2014). 시각자극 과제에 의한 집중 시의 뇌파분석. *한국전자통신학회논문지*, 9(5), 589-594. <http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.201.9.5.589>
- Andreassi, J. L. (2006). *Psychophysiology: Human behavior and physiological response*. Psychology Press.
- Baddeley, A. (1997). *Human memory: Theory and practice (revised edition)*. Psychology Press.
- Banich, M. T., & Compton, R. J. (2011). *Cognitive neuroscience*, 3rd Edition. Wadsworth.
- Banich M. T., & Compton, R. J. (2011). *Cognitive neuroscience*. 김명선 등역 (2014). *인지 신경과학*. 서울: 박학사.
- Davidson, R. J., & Irwin, W. (1999). The functional neuroanatomy of emotion and affective style. *Trends in Cognitive Science*, 3, 11-21.
- DeFrance, J. F. (1997). Age-related changes in cognitive ERPs of attenuation. *Brain Topography*, 9(4), 283-293.
- Donchin, E., & Coles, M. (1988). Is the P300 component a manifestation of context updating? *Behavioral and Brain Science*, 11, 357-374.
- Elias, L. & Saucier, D. (2005). *Neuropsychology: Clinical and experimental foundations*. 김명선 역 (2009). *임상 및 실험 신경심리학*. 서울: 시그마프레스.
- Hamann, S. B., & Squire L. R. (1997). Intact perceptual memory in the absence of conscious memory. *Behavioral Neuroscience*, 111, 850-54.
- Hillyard, S., Hink, R., Schwent, V., & Picton, T. (1973). Electrical signs of selective attention

- in the human brain. *Science*, 182(4108), 177-179.
- Hillyard, S., & Woods, D. (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.
- Iyer, H., & Lewis, C. (2007). Prioritization strategies for video storyboard keyframes. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(5), 629-644.
- Jung, H. et al. (2012). Reduced source activity of event-related potentials for affective facial pictures in schizophrenia patients. *Schizophrenia Research*, 136, 150-159.
- Kapoor, A., Pradeep Shenoy, P., & Tan, D. (2008). Combining brain computer interfaces with vision for object categorization. *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 1-8.
- Kim, H., & 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.
- Koelstra, S., Muehl, C., & 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*. IEEE Computer Society Press.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207, 203-208.
- Moscovitch, M. (1992). Memory and working-with-memory: A component process model based on modules and central systems. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4, 257-267.
- Naatanen, R., Simpson, M., & Loveless, N. (1982). Stimulus deviance and evoked potentials. *Biological Psychology*, 14, 53-98.
- Naghavi, H., & Nyberg, L. (2005). Common fronto-parietal activity in attention, memory, and consciousness: Shared demands on integration? *Consciousness and Cognition*, 14(2), 390-425.
- Picton, T. (1988). The endogenous evoked potentials. In: E. Basar (Ed.) *Dynamics of sensory and cognitive processing by the brain*. Springer-Verlag, Berlin; 258-265.
- Picton, T., Campbell, K., Barlbeau-Beaun, J., & Proulx, G. (1978). The neurophysiology of human attention: A tutorial review. In J. Requin (Ed). *Attention and performance: VII.* (pp. 429-467). New York: Wiley.
- Smith, M. E. (1993) Neurophysiological manifestations of recollective experience during recognition memory judgments. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 1-13.
- Smith, E. E., & Jonides, J. (1999) Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*,

283, 1657-1661.

Song, Y., Marchionini, G., & 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.

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.

Yuji Hakoda et al. (2010). Cognitive psychology: Brain, modeling and evidence. 강윤봉 역 (2014). 인지심리학. 서울: 한국뇌기반교육연구소.

Wang, Y. (2009). A cognitive informatics theory for visual information processing, Proc. 7th IEEE International Conference on Cognitive Informatics (ICCI '08), Stanford University, CA.

<p>• 국문 참고문헌에 대한 영문 표기 (English translation of references written in Korean)</p>
--

Jang, Y., & 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. <http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.201.9.5.589>

Kim, H., & Kim, Y. (2015). Toward a key-frame extraction framework for video storyboard surrogates based on users' EEG signals. Journal of the Korean Society for Library and Information Science, 49(1), 443-464. <http://dx.doi.org/10.4275/KSLIS.2015.49.1.443>

Kim, M., Cho, S., & Kwon, J. (2000). The effect of immediate and delayed recognition memory on event-related potential (ERP). Korean Journal of Cognitive Science, 11(3-4), 83-93.

Kwon, J. (2000). The use of event-related potentials in the study of cognitive functions. Journal of Cognitive Science, 1(1), 79-98.

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.

Lee, J. (2006). Neurophysiology and brain-imaging study of music-music & language, music & emotion-. Nang Man Music, 18(3), 69-146.

Lim, Y., Lee, S., & 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.