음색 기반 뇌파측정 및 분석기법 개발

Development of EEG Signals Measurement and Analysis Method based on Timbre

박승민 · 이영환 · 고광은 · 심귀보*

Seung-Min Park, Young-Hwan Lee, Kwang-Eun Ko, and Kwee-Bo Sim*

중앙대학교 전자전기공학부

요 약

문화콘텐츠기술(CT, Culture Technology)은 문화 산업 발전을 위한 기술로 문화콘텐츠 기획과 상품화, 미디어 탑재, 전달의 가치사슬 과정 등 문화상품의 부가가치를 높이기 위해 소용되는 모든 형태의 유무형의 기술이다. 문화콘텐츠 기술(CT)분야에서 음악의 특징을 분석하여 다양한 어플리케이션을 개발하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이와 관련된 연구 중 EEG를 측정하고 그 결과에서 음악적 자극에 대한 반응을 검출하여 활용하는 연구가 주목받고 있다. 본 논문에서는 EEG에서 음악적 자극에 대응되는 반응신호들을 증폭시켜 평균화 하는 방법인 ERP(Event-Related Potentials) 실험을 기반으로 음색을 추출하는 과정에서 노이즈를 제거하기 위한 방법으로 ICA 알고리즘을 적용하여 음색 추출 및 노이즈 제거 결과에 따른 EEG의 특성을 분석하여 적용한다.

키워드 : EEG신호, Event-Related Potentials(ERPs), ICA알고리즘, Timbre분석, Brain-Computer Interface(BCI)

Abstract

Cultural Content Technology(CT, Culture Technology) for the development of cultural industry and the commercialization of technology, cultural contents, media, mount, pass the value chain process and increase the added value of cultural products that are good for all forms of intangible technology. In the field of Culture Technology, Music by analyzing the characteristics of the development of a variety of applications has been studied. Associated with EEG measures and the results of their research in response to musical stimuli are used to detect and study is getting attention. In this paper, the musical stimuli in EEG signals by amplifying the corresponding reaction to the averaging method, ERP (Event-Related Potentials) experiments based on the process of extracting sound methods for removing noise from the ICA algorithm to extract the tone and noise removal according to the results are applied to analyze the characteristics of EEG.

Key Words : Harmony Search Algorithm, Swarm Robot, Q-Learning Algorithm, Evolutionary Computation

1. 서 론

지난 10년간 신경과학, 특히 BCI(Brain-Computer Interface), 뇌과학 분야가 이론 학문적 성과는 과학의 범위를 넘어 인문학의 패러다임을 바꿀 정도로 눈부셨다. fMRI와 EEG와 같이 뇌의 활동 양상을 직접 관찰할 수 있는 도구가 개발되고 뇌의 작용의 비밀이 하나 둘씩 밝혀지면서 전통적으로 철학의 영역에 속했던 마음, 의식, 자아의 문제가 공학과 의학 분야로 넘어갔다. 뇌과학은 현재 인간 행동의 비밀을 푸는 가장 유력한 열쇠이다. 그럼에도 인간의 감

성과 관련된 부분은 상대적으로 연구 속도가 더딘 편이다.

음악은 인류 탄생과 함께 발생하여 계속 발전해 왔고 문화적인 요소이다. 음악은 사회문화의 큰 틀을 형성하고 있고 다른 문화적인 요소에 대해서도 많은 영향을 미치고 있다. 특히, 최근에 문화콘텐츠 기술(CT)분야에서 음악의 특징을 분석하여 다양한 어플리케이션을 개발하는 연구들이 진행 중에 있다.

감성은 이러한 음악과 같은 청각 자극에 의해서 뿐 아니라 우리의 오감(시각, 청각, 후각, 미각, 촉각)에 의해 유발될 수 있는 것으로 이 중에서도 시각 자극을 통해서 사람들은 가장 많은 정보를 획득 할 수 있을 뿐만 아니라 가장 많은 감성이 유발된다고 알려져 있다[1]. 시각 다음으로 감성 유발에 중요한 자극은 청각 자극이다. 따라서 현재까지 감성을 유발하는 연구는 시각이나 청각 중심 혹은 이 두 감각을 합해서 이루어지는 경우가 대부분이다[2]. 최근의 음악 관련 심리 연구는 뇌과학과 신경과학의 관심 증가와 더불어 그 연구 방법론이 다양해지고 있다. 그 중의 하나는 인간의 뇌파를 측정하여 어떤 자극이 주어졌을 때 실제 우리 뇌의 자극 인지 및 처리 과정을 신경메커니즘을 통해 알아보는

접수일자 : 2010년 4월 3일

완료일자 : 2010년 5월 19일

* 교신 저자

※ 본 논문은 본 학회 2010년도 춘계학술대회에서 선정된 우수논문입니다.

감사의 글 : 본 논문은 중소기업청·서울시의 2010년도 산학연공동기술개발사업 연구비 지원을 받아 수행된 연구입니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

것이다. 이런 뇌파를 측정하는 방법으로는 EEG(뇌전도 : Electroencephalogram)와 ERP(사건관련전위 : Event-Related Potentials)가 있다. ERP는 특정 사건이나 자극을 제시했을 때 그 자극과 일치하거나 짧은 시간 후 뇌파 기록상에 나타나는 뇌로부터의 '응답'이다[3]. ERP는 EEG에 기록되는 뇌파 중에서 특정 자극에 대해서 반응한 결과만을 추출하여 그 신호들을 증폭시켜 평균화 한 것이다. 1939년 데이비스(Davis)가 처음으로 ERP를 심리학 연구 방법으로 사용하였는데, 그는 각각의 청각 자극이 주어진 후 100-200ms만에 상대적으로 큰 음성반응이 발생한다는 것을 발견하였다[3]. 그 후로부터 활성화되기 시작한 ERP연구는 대부분 청각적, 시각적으로 주어진 언어자극에 대한 반응을 살펴본 것이었다.

음악적 자극을 ERP연구에 사용하기 시작한 것은 최근일로, 클라인(Klein et al)과 Besson과 Macar 연구를 대표적 사례로 꼽을 수 있다. 이 실험들은 언어자극과 음악적 자극에 대한 뇌 반응의 차이를 살펴본 것으로서 음악 정보 처리 과정 그 자체에 초점을 둔 다른 연구들은 초기에는 음색, 음고와 같은 음악 자체가 아닌 '음악적 소리'를 다루었는데, 점차 그 연구 대상이 선율과 화성 진행 등 고차원적인 인지 과정을 필요로 하는 것으로 범위가 확대되고 있다. 음악 지각과 인지를 일차적인 연구 분야로 삼는 학자들은 전 세계에 250명 정도 된다. 기존의 연구는 뇌에 대한 인지기능과 관련하여 기초적인 연구에만 국한되어 있다.

본 논문의 목적은 음색에 따라 뇌의 auditory cortex(T3, T1, C5, C6) 영역과 뇌의 소리에 대한 신호처리 (Fpz, Cz, Fz)영역에서 어떤 변화가 있는지를 분석해, 반대로 사람의 감정에 따라 알맞은 음악을 선곡하여 음악분수, 광고제작, 영화 OST와 같은 CT분야에 지능형 감성인식 어플리케이션에 적용하려고 한다.

2. 뇌 영역 측정 실험 및 데이터 분석

2.1 뇌 영역 측정 실험 기법

뇌파 측정 시 많이 사용되는 방법에는 그림 1과 같이 International 10-20 System의 19영역을 측정하기도 하며 [4], 더 정밀한 측정을 위해 MCN 전극배치법에서 32영역을 측정하거나 41영역을 측정하기도 한다[5][6]. 측정 채널 수 증가는 정확한 값을 얻을 수 있지만 데이터의 양과 정보처리 시간 대비 효율성이 떨어지므로 적정 채널수를 유지하기 위한 연구가 필요하다.

본 논문의 뇌 영역 측정 목적은 피험자가 3가지 서로 다른 음색의 음악을 들을 때 EEG신호의 변화를 관찰하고 이를 분석하는 것이므로 청각피질(Auditory Cortex) 영역을 주로 관찰하였으며, 자극 적용 시 이 영역에서 어떤 변화가 나타나는지와 뇌의 소리에 대한 신호처리가 어떤 변화가 발생하는지 관찰하였다.

본 연구에서는 뇌파(EEG : Electroencephalogram)신호를 측정하기 위해 전극(electrode)을 International 10-20 system의 Auditory Cortex(T3, T1, C5, C6)영역과 뇌의 소리에 대한 신호처리(Fpz, Cz, Fz)영역에서 측정된 EEG 신호를 실험의 데이터로 활용하였다.

그림 1. 국제 10-20 전극배치도
Fig. 1. International 10-20 System

뇌파 측정 시, GND는 그림 2와 같이 얼굴볼에서 측정하였고, REF는 귀의 아래 부위에서 측정하였다. 측정 장비로는 LAXTHA의 8채널 QEEG-8 장비를 사용하였으며, S/W로는 LAXTHA의 TeleScan을 이용하여 EEG신호를 컴퓨터로 전송받고, 이렇게 획득된 EEG신호를 TXT파일로 변환하고 MATLAB을 이용하여 시간 영역을 주파수 영역으로 변환하여 뇌파를 분석하였다[7].

그림 2. 본 논문에서 제안된 뇌파 측정 부위
Fig. 2. Proposed electrode locations

뇌파 측정 시, GND는 그림 2와 같이 얼굴볼에서 측정하였고, REF는 귀의 아래 부위에서 측정하였다. 측정 장비로는 LAXTHA의 8채널 QEEG-8 장비를 사용하였으며, S/W로는 LAXTHA의 TeleScan을 이용하여 EEG신호를 컴퓨터로 전송받고, 이렇게 획득된 EEG신호를 TXT파일로 변환하고 MATLAB을 이용하여 시간 영역을 주파수 영역으로 변환하여 뇌파를 분석하였다[7].

측정의 변화가 예민함을 감안하여 Sampling Frequency는 512Hz로 설정하여 측정하였다. 우선 본 실험에 들어가기 전에 음악을 3가지 장르(팝, 락, 뉴에이지)로 분류하고, 실험에 사용할 음악의 음량(dB)은 일상적으로 편안하게 헤드폰으로 듣는 음악의 크기인 75dB로 통일하기로 하였다 [10]. 실험은 청각에 이상이 없고 과거 청각장애 경력이 없는 20대 성인남자 8인에 대하여 총 10회 실시하였다. 실험은 1분 간격으로 듣고 1분간 휴식을 갖도록 하였다. 실험 내용은 그림 3과 같다.

본 연구에서는 3가지 장르의 음악(뉴에이지, 락, 댄스)을 1 청각자극을 주기 전에 편안한 상태를 만들어주기 위해 조건을 위하여 청각자극을 제외한 나머지 시각, 미각, 촉각, 후각 자극에 대해서는 외부 환경으로부터 차단을 하였다. 그림 4는 EEG 실험을 하는 모습을 보여주고 있다. 측정 장비로 LAXTHA의 QEEG-8의 8개 채널 중에 7개의 채널을 이용하였다. 7가지 영역(T1, T3, C5, C6, Fpz, Cz, Fz)과 REF, GND를 설정하였으며 정확한 위치는 그림 2와 같다.

그림 3. 실험 내용 및 과정
Fig. 3. Content and Process of the experiment

그림 4. EEG 실험 모습
Fig. 4. The Picture of EEG Experiment

2.2 뇌파 분석 기법 제안

뇌파에 대한 선행 연구들을 간단히 소개하면, 일반적으로 뇌파의 인식률을 높이고자 전처리(preprocessing)과정을 통해 잡파를 제거하여 준다[8].

전처리 과정으로는 주파수 대역 필터를 사용해 제거하거나 ICA와 같은 특징추출 알고리즘을 이용하여 잡음을 제거해 주기도 한다. ICA는 BSS(Blind Source Separation)문제를 해결하기 위해서 개발된 신호처리방법으로서, 기존의 PCA(Principle Component Analysis)와 달리 중첩된 신호들 사이에 직교성을 요구하지 않는다[9]. M개의 측정값 X가 N개의 신호 S가 중첩되어 기록된 것이라고 할 때, X와 S의 관계는

$$X(t) = AS(t) \quad (1)$$

로 주어진다. 여기서 A는 혼합행렬(mixing matrix)이라고 하며, 각각의 신호들이 어떤 식으로 중첩되어있는지에 대한 정보를 준다. 한 가지 문제는 우리가 알고 있는 측정값은 X 뿐이라는 점이다. 신호 S도 모를 뿐 아니라 신호들이 어떻게 섞여 있는지도 모른다. 그러나 A 혹은 S 값을 알 수 있다면 나머지 미지량도 알 수 있다. 즉, 혼합행렬 A를 안다면, 다음 식(2)의 간단한 관계식으로부터 원래의 신호 S를 계산할 수 있다. W는 A의 역행렬로써 풀이행렬(unmixing matrix)이라고 한다.

$$S(t) = A^{-1}X(t) = WX(t) \quad (2)$$

이러한 전처리 과정을 거친 후에는 이 신호들의 α 파와 β 파 등 각 주파수 영역별 신호를 분석하는 것이 일반적이며, 각 주파수별 뇌파의 증감을 통하여 뇌파를 분석하기도 한다[4][5].

기존의 뇌파 연구에 따르면 뇌의 각 부위는 각각 다른 역할을 하고 있으며, 일반적으로 뇌파는 직접 분석하기보다는 주파수 변환을 통해 각 주파수 대역에서 뇌파를 각각 분석

한다. 뇌파를 주파수 대역별로 일반적으로 다음 그림 5와 표 1과 같이 나눈다.

그림 5. 주파수대역별 EEG신호 분리한 결과
Fig 5. The Separated Result of EEG Signals for each Frequency

표 1. 주파수 대역별 뇌파의 종류

Table 1. Type of EEG Signals for each Frequency

	δ 파	θ 파	α 파	β 파	γ 파
주파수대역 (Hz)	0.2~3.9	4.0~7.9	8.0~12.9	13.0~29.9	30~50

선행 연구에 따르면 각 주파수 대역별로 특징을 갖는데 저주파의 경우 움직임에 대한 잡파일 경우가 많으며, α 파는 눈을 감고 있는 것과 같은 편안한 상태에서 증가하며, 눈을 뜨면 감소하는 것으로 알려져 있다[12]. β 파는 의식적 활동 시, γ 파는 주의 집중 시에 증가한다고 보고되고 있다[13].

뇌파의 분석에서 가장 많은 연구가 이루어지고 주안점이 되고 있는 잡음 문제의 해결을 위해서 본 논문에서는 측정된 신호에서 0~4Hz의 낮은 주파수 δ 파를 제거하였다. 이 범위의 주파수를 제거한 이유는 심장의 박동, 눈과 입의 안면의 움직임 그리고 전극선의 흔들림 등의 잡파들은 낮은 주파수에 영향을 주기 때문이다.

그림 6. EEG에서 ERP를 분리하고, 신호를 평균화하는 과정[Hantz et al, 1992]
Fig 6. Separates ERP from EEG, The Process which gives a Signal Average[Hantz et al, 1992]

2.3 FFT(Fast Fourier Transform)

뇌파 데이터를 수집하게 되면 시간과 진폭이 연속적인 아날로그 형태의 파형으로 데이터를 얻게 된다. 따라서 먼

저 처리해야 할 과정은 연속적인 뇌파 신호를 컴퓨터에서 처리가 가능하도록 이산적인 디지털 신호로 변경하는 것이다. 시간영역의 데이터를 주파수 영역으로 변화시키는데 사용되는 수학적 처리과정이 푸리에변환(Fourier Transform)이고 식은 아래와 같이 정의한다.

$$H(f) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t)e^{-j2\pi ft} dt \quad (3)$$

$$H(f_n) = \sum_{k=0}^{N-1} h_k e^{-j2\pi kn/N} = H_n \quad (4)$$

이산 푸리에 변환은 N^2 만큼의 계산시간이 필요하지만, FFT는 계산시간을 $M\log_2 N$ 으로 줄였다.

따라서 본 논문에서는 FFT를 이용하여 시간영역의 뇌파 신호를 주파수영역으로 변환하면 주파수 크기에 따라 신호가 그래프에 배열되어 신호의 주파수 성분들을 분석할 수 있게 된다.

2.4 파워스펙트럼 분석

뇌파를 분석하는 다양한 방법 중 대표적인 것은 파워 스펙트럼 분석이다[16]. 파워스펙트럼 분석은 FFT를 통해서 세타파, 알파파, 베타파, 감마파 등의 대역별 파워(Power Spectrum)를 구하는 것을 바탕으로 한다. 이때 두피의 전극에서 발생하는 주파수 대역별 파워를 절대 파워(absolute power)라고 하고, 전체 주파수 대역의 절대 파워를 기준으로 각 주파수 대역의 절대 파워를 비율로 산출한 값을 각 주파수 대역의 상대 파워(relative power)라고 하고, 상대 파워 스펙트럼 분석은 절대 파워 스펙트럼 분석에 비교해서 두개골의 두께 차이, 측정 시 두피의 전기적 상태, 긴장도와 같은 측정 변인을 줄일 수 있고, 인지 기능과 뇌파의 연관성을 잘 보여주기 때문에 뇌 기능에 관한 연구에서 많이 이용되고 있다[17].

3. 음색 기반 뇌파 측정 및 분석 결과

3.1 EEG 실험 결과

그림 7은 뉴에이지 음악을 들었을 때 EEG파형과 그에 따른 주파수별 파워스펙트럼을 도식화 한 것이다.

EEG 측정 장비로 측정할 때에는 시간영역에서 뇌파의 voltage 변화를 scroll mode로 연속적으로 나타낸다. 따라서 α 파, β 파, θ 파, γ 파를 추출하기 위해 FFT를 이용한다. 주파수 영역으로 이를 변환하고 그 변환된 값들로 다시 파워 스펙트럼을 나타낸 결과 (그림 7)는 아래와 같다. 3가지 각기 다른 장르의 음악을 들었지만 확연하게 차이가 나는 장르는 피아노와 바이올린 합주인 뉴에이지 음악과 강한 비트로 표현된 댄스음악이 차이가 났다. 그림 8과 9는 그림 7의 파워스펙트럼을 상대 파워스펙트럼(원하는 영역의 주파수범위/4Hz~50Hz(= $\alpha+\beta+\gamma+\theta$))으로 나타낸 것이다.

그림 7. 뉴에이지 음악을 들었을 때 EEG파형과 FFT를 이용한 파워스펙트럼
Fig. 7. EEG Signals and Power Spectrums using FFT, When listen to the New Age Music

그림 8. EEG 신호의 상대 파워 값들(댄스곡)
(①:α파, ②:β파, ③:θ파, ④:γ파)
Fig. 8. Relative Power Values of EEG Signals(Dance)

이 그래프를 보면, 예를 들어 α 파가 댄스곡을 들을 때 보다 조용하고 잔잔한 뉴에이지 음악을 들을 때 증가하는 것을 확인 할 수 있으며, 락 음악은 별다른 특징을 나타내지 않았다. 반면, 댄스음악에서는 전체적으로 θ 파가 활성화 되어있는 것을 확인 할 수 있었다.

상대파워 스펙트럼은 앞서 말했듯이 측정 변인을 줄일 수 있어서 분석에 많이 이용이 된다. 하지만 본 연구와 같이 측정 채널수가 증가하고 동시에 측정을 하는 변인이 3가지 이상일 경우에는 절대 파워 스펙트럼으로 비교하면 데이터를 한눈에 알아보기 쉬운 장점이 있다.

그림 9. EEG 신호의 상대 파워 값들(뉴에이지)
Fig. 9. Relative Power Values of EEG Signals(New Age)

다음 아래의 그림 10, 11, 12는 각각의 3종류의 음악의 모든 측정 채널들의 평균을 합하여서 그 각각의 평균 데이터 값을 FFT를 취하여 주파수 별로 분리를 한 그림이다. 보통 1분이 채 안되는 짧은 실험이 많은 뇌파 실험에서 본 연구와 같이 6분이 넘어가고 거의 10분에 가까운 측정을 하게 되어서 뇌파 데이터가 확연하게 눈에 들어오지는 못했다. 그래서 원본 데이터를 주파수 영역으로 분류를 해서 음악 장르별로 아래의 값들을 산출 할 수가 있었다.

그림 10. 뉴에이지 음악을 들을 때 평균 뇌파 Data 및 주파수 별 파워 스펙트럼

Fig. 10. When we listen to New Age music, and the frequency by the average power spectrum EEG Data

그림 11. 락 음악을 들을 때 평균 뇌파 및 주파수 별 파워 스펙트럼

Fig. 11. When we listen to Rock, and the frequency by the average power spectrum EEG Data

그림 12. 댄스 음악을 들을 때 평균 뇌파 및 주파수 별 파워 스펙트럼

Fig. 12. When we listen to Dance music and the frequency by the average power spectrum EEG Data

위의 실험을 데이터 값을 표로 수치화 한 것이 표 2에 나와 있다.

이 Data Set에서 분류가 잘 이루어진 데이터 집합은 α 파와 θ 파이다. α 파는 편안한 상태일 때 증가를 하게 되는데 다음 표의 값을 보면 휴식이 끝나고 노래를 들으면 안정적이 되는 것을 알 수 있었다. 이는 노래가 시간에 따라 익숙해져서 실험자를 편안하게 하였을 수 있다. 그리고 세타파는 주의 집중력이 높아질 때 증가하는 연구 결과가 있다. 따라서 세타파는 눈을 감고 음악을 청취하였기 때문에 시간이 지남에 따라 집중을 하는 것은 당연한 것이고 댄스곡을 들을 때 유난히 61.5 라는 많은 양의 파워스펙트럼 값이 나

오게 되었다.

표 2. 비교를 위한 각각의 파워스펙트럼 절대값

Table 2. For comparing the absolute value of each power spectrum

	정상 상태	뉴에이지	1차 휴식	락	2차 휴식	댄스
α 파	18.7	23.4	19.8	26.7	37.2	38.7
β 파	12.7	9.6	9.4	10.2	10.5	12.5
γ 파	6.7	4.6	4.3	4.7	4.2	3.7
θ 파	11.3	12.6	9.2	9.6	22.8	61.5
total	85.9	79.3	66.6	81.4	89.8	139.2

시간이 지남에 따라 집중력이 흩어져야 정상인데 가장 늦게 실험한 음악이 집중력이 높은 또 다른 이유는 사람들이 음원을 기억할 때 쉽고 강렬한 비트와 멜로디를 더 오랫동안 기억하기 때문이다. 다음 그림 13은 시간에 따라 변하는 뇌파를 종류 별로 각 실험의 상태에 대해서 파워스펙트럼의 분포를 꺾은 선 그래프로 나타냈었다. 그림 13에서 보듯이 베타파와 감마파는 시간이 지남에 따라 별다른 변화가 없었고 알파파와 세타파가 점차 증가하는 모양을 나타내고 있다.

그림 13. 시간에 따라 변하는 뇌파 종류별 파워스펙트럼 분포도

Fig. 13. Different types of time-varying EEG power spectrum distribution

4. 결론 및 향후과제

본 논문은 음악을 통하여 사람의 뇌파에 어떠한 변화가 일어나는지를 실험을 통하여 각 채널 별로 분석을 하였던 결과, 청각피질(auditory cortex)영역(T1, T3, C5, C6)중에 T1, T3, C6영역이 음악 종류에 따라 반응하였고, 뇌의 소리에 대한 신호처리 영역(Fpz, Cz, Fz)에서는 Fpz의 전두엽 영역이 선호하는 노래 혹은 자주 들었던 노래에 반응을 하는 것을 알아낼 수 있었다. Cz영역은 종류에 따라 어떤 일정한 패턴이 나오지 않았다. 그 원인 중에 하나는 Cz영역이 사람의 정수리 부분에 있는데 측정 실험 중간에 잘 접촉이 안 이루어져 신호의 잡파가 많이 생성된 것으로 보인다.

댄스곡을 들을 때 유난히 61.5라는 많은 양의 파워스펙트럼 값이 나오게 되었다. 시간이 지남에 따라 집중력이 흩어져야 정상인데 가장 늦게 실험한 음악이 집중력이 높은 또

다른 이유는 사람들이 음원을 기억할 때 쉽고 강렬한 비트와 멜로디를 더 오랫동안 기억하기 때문이다. 음색을 통해 EEG신호를 분석했던 이번 실험은 음악인이 아닌 다른 분야의 연구자에 의해서 이루어지다 보니 음악적 특성이 제대로 고려되지 않았거나 음악에 관련된 연구 목적 자체가 다른 곳에 초점을 두었기 때문에 그것이 물리적 특성이건 양식적 특성이건 그와 관련된 감성 특성에 대한 연구이기 보다 단순히 한 종류의 ‘음향자극’으로 음악을 취급하였기 때문에 음악에 대한 감성 특성을 연구하기에는 아직까지 그 한계가 있다.

또한 본 연구는 8명의 소수 인원을 대상으로 한 간단한 실험으로 측정 데이터 값에 있어서 신뢰도가 많이 떨어졌다. 향후 실험에서는 다양한 연령대의 피험자를 대상으로 측정해 각각 어떤 차이가 있는지를 분석하고자 한다. 측정장비를 보다 더 정밀하게 하기 위하여 전극 부착방법 대안을 수정할 계획이다.

본 연구에서는 S/W를 TeleScan과 MATLAB을 이용하여 기본적인 추출 및 분석에 의존 하였지만 향후 실험에서는 측정 뇌파의 좀 더 정확한 분석을 위하여 BIOSEMI사의 EEGLAB을 활용 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 이동춘 외, “시청각 감성 지표에 관한 비교 연구”, *감성공학학회지*, pp.348-349, 1999. 2.
- [2] 권오연, “음악에 의한 감성의 생리적 측정연구에 대한 소고”, *음악과 민족*, 제25호, pp.185-214
- [3] Hugdahl, K. *Psychophysiology: the mind-body perspective*, Cambridge, Mass: Havard University Press, 1995.
- [4] N. First INCE, Sami ARICA, "Analysis and Visualization of ERD and ERS with Adapted Local Cosine Transform," *Proc. of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS San Francisco, CA, USA*·September1-5, 2004.
- [5] ZHOU Zhong-xing, MING Dong, WAN Bai-kun, CHENG Long-long, "Event-Related EEG-Change during Attempted Standing Up Task," *Proc. of NFSI & ICFBI 2007 Hangzhou, China*, October 12-14, 2007.
- [6] Laura Kauhanen, Pasi Jylanki, janne Lehtonen, Pekka Rantanen, Hannu Alaranta, and Mikko Sams, "EEG-Based Brain-Computer Interface for Tetraplegics", *Hindawi Publishing Corporation Computational Intelligence and Neuroscience*, Vol. 2007, Article ID 23864, 11pages doi:10.1155/2007/23864.
- [7] <http://www.laxtha.com/Product.asp?catgrpid=1>
- [8] Paul S. Hammom and Virginia R. de Sa, "Preprocessing and Meta-Classification for Brain-Computer Interface," *IEEE Trans. on bio-medical engineering*, vol. 54, no.3, 2007.
- [9] P. Comon, Independent component analysis, A new concept?, *Signal Proc.* vol.36, no.3, 11-20, 1994.
- [10] Moore, B.C.J. *An Introduction to the Psychology*

- of Hearing, 5th ed.* Amsterdam:Academic Press.
- [11] Yost, W.A. *Fundamentals of Hearing: An Introduction, 3rd ed.* San Diego: Academic Press, Inc.
- [12] S.Salenius, M.Kajola, W.L.Thompson, S.Kossly, and R.Hari, "Reactivity of magnetic parieto-occipital alpha rhythm during visual imagery," *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, vol. 95, pp.453-462, 1995.
- [13] T. Gruber, M.M. Muller, A. Keil, and T. Elbert, "Selective visual-spatial attention alters induced gamma band responses in the human," *EEG Clin. Neurophysiol.*, vol.110, pp. 2074-2085, 1999.
- [14] 박승민, 고광은, 심귀보, "음색 기반 뇌파측정 및 분석기법 개발", *한국지능시스템학회 2010년도 춘계 학술대회*, 제20권, 제1호, pp.19-22, 2010. 04
- [15] 김대식, 최장욱, *Electroencephalogram*, 고려의학.
- [16] Regan, D., *Human Brain Electrophysiology*, New York: Elsevier, 1989.
- [17] 김용진, 장남기, "시청각 학습의 반복 수행에 따른 전두부의 뇌파 활성도 변화", *한국과학교육학회지*, 21권 3호, pp.516-528

저 자 소 개

박승민(Seung-Min Park)

2010년 : 중앙대학교 전자전기공학부 공학사
2010년 ~ 현재 : 중앙대학교 대학원
전자전기공학부 석사과정

관심분야 : BCI, Intention Recognition, Soft Computing

이영환(Young-Hwan Lee)

2009년 ~ 현재 : 중앙대학교 정보대학원
석사과정

관심분야 : Intelligent Musical Fountain

고광은(Kwang-Eun Ko)

[제19권 6호 (2009년 12월호) 참조]

심귀보 (Kwee-Bo Sim)

[제20권 2호 (2010년 4월호) 참조]