

뇌파를 BCI 게임 제어에 활용하기 위한 정규화 방법*

성연식*, 조경은**, 엄기현**

동국대학교 일반대학원 게임공학과*, 동국대학교 영상미디어대학 멀티미디어공학과**
{sung, cke, khum}@dongguk.edu

A Normalization Method to Utilize Brain Waves as Brain Computer Interface Game Control

Yunsick Sung*, Kyungeun Cho**, Kyhyun Um**

Dept. of Game Engineering, Graduate School of Dongguk Univ.*

Dept. of Multimedia Engineering, Dongguk Univ.**

요 약

뇌파는 초기에 원숭이가 모터로 팔을 조작하기 위한 방법에 관한 연구로 시작되었다. 최근에는, 측정된 뇌파를 치매 환자의 치매 진행 정도를 늦추거나 집중력결핍 과잉행동장애 아이들의 집중력을 높이기 위한 연구들이 진행되고 있다. 그리고 저가의 뇌파 측정 장치가 출시되면서 게임 인터페이스로도 사용된다. 뇌파로 게임을 제어할 때의 문제점은 사람마다 평균 진폭, 평균 파장 그리고 평균 진동 횟수가 다르다는 것이다. 뇌파 차이는 뇌파로 게임을 제어할 때 형평성 문제를 발생시키기 때문에 뇌파를 정규화해서 사용하는 방법이 필요하다. 이 논문에서는 정규 분포를 사용해서 측정된 뇌파를 정규화하고 제어로 사용할 파형을 계산하는 방법을 제안한다. 이를 위해서 뇌파 변환 과정을 7단계로 나누어 처리하는 프레임워크를 제안하고 각 단계에 필요한 계산과정을 기술한다. 실험에서는 BCI 영어단어 학습 프로그램에 제안한 방법을 적용하여 두 피험자 파형을 비교했다. 실험에서는 두 피험자의 파형 유사 정도를 상관계수로 측정했다. 명상 값은 제안한 방법을 적용할 때 약 13%가 증가되었고 집중 값은 약 8%정도 증가되었다. 제안한 정규화 방법은 뇌파에 반영된 개인의 특성을 줄여서 제어에 적합한 파형으로 변환하기 때문에 게임과 같은 응용프로그램에 적합하다.

ABSTRACT

In the beginning brain waves were used for monkeys to control robot arm with neural activity. In recent years there are research that measured brain waves are used for the control of programs which monitor the progression of dementia or enhance of attention in children diagnosed with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). Moreover, low-price devices that can be used as a game control interface have become available. One of the problems associated with control using brain waves is that the mean amplitude, mean wavelength, and mean vibrational frequency of the brain waves differ from individual to individual. This paper attempts to propose a method to normalize measured brain waves using normal distribution and calculate the waveforms that can be used in controlling games. For this, a framework in which brain waves are converted in seven stages has been suggested. In addition, the estimation process in each stage has been described. In an experiment the waveforms of two subjects have been compared using the proposed method in the BCI English word learning program. The level of similarity between two subjects' waveforms has been compared with correlation coefficient. When the proposed method was applied, both meditation and concentration increased by 13% and 8%, respectively. Because the proposed regularization method is converted into a waveform fit for control functions by reducing personal characteristics reflected in the brain waves, it is fitting for application programs such as games.

Keywords : Brain Computer Interface, EEG, BCI Generalization

접수일자 : 2010년 10월 19일, 일차수정 : 2010년 11월 11일, 심사완료 : 11월 30일

교신저자(Corresponding Author) : 조경은

※ 본 논문은 한국콘텐츠진흥원(KOCCA) 2009년 문화콘텐츠산업기술지원사업 일환으로 수행하였음 [BCI를 활용한 기능성 게임기술개발]

1. 서 론

뇌-컴퓨터 인터페이스 (Brain Computer Interface, BCI)는 의료관련 분야에서 많이 사용해 왔다. 예를 들어, 병원에서 치매 환자나 주의력결핍 과잉행동장애 환자 등의 치료나 예방을 위한 프로그램에 BCI를 사용한다[1]. 최근에는 BCI 측정 장치의 가격이 낮아지면서 활용 범위가 점차 넓어지고 있다.

뇌파는 다음과 같이 다양한 방법으로 사용된다. 첫 번째, 뇌파는 환자의 상태를 알아보는 방법으로 사용된다. 질병이 있는지 알기 위해서는 질병이 발생될 때 나타나는 뇌파가 환자의 뇌파에서 발생하는 지 비교한다. 예를 들어, 치매가 걸린 환자는 측정된 뇌파에서 알파파와 베타파가 정상인에 비해서 더 낮은 파형을 보이고 세타파는 더 높은 파형을 보인다[2]. 두 번째, 뇌파를 조절하는 훈련이 있다. 가장 대표적인 사례는 뉴로피드백이 있다[3]. 뉴로피드백은 사용자가 자신의 뇌파를 직접 혹은 간접적으로 보면서 뇌파를 조절하는 방법이다. 마지막으로 측정된 뇌파를 제어 수단으로 사용하는 사례가 있다. 예를 들어, 뇌파를 키보드, 음성, 그리고 동작과 같이 다중 입력으로 BCI 응용프로그램을 제어하는 방법이 있다[4].

이 중에서는 뇌파를 제어 수단으로 사용할 때 동일한 프로그램을 여러 명이 돌아가면서 제어하면 다음과 같은 문제가 발생한다. 첫 번째, 형평성 문제가 발생한다. 예를 들어, 뇌파가 평균적으로 낮은 사람은 뇌파가 평균적으로 높은 사람에 비해서 상대적으로 높은 뇌파 값을 발생시키기가 어렵다. 형평성을 맞추기 위해서는 측정된 뇌파를 상대적으로 평가하고 다른 사람과 유사한 뇌파 분포를 가질 수 있도록 변환하는 작업이 필요하다. 두 번째, 변환한 뇌파를 게임 환경에 적합한 절대적인 값으로 변환할 수 있는 방법이 필요하다.

뇌파를 정규화하기 위해서 통계를 사용한 사례가 있다[5]. 하지만 이 방법은 사람에게서 자주 발생하지 않는 뇌파 구간에서도 뇌파가 빈번하게 발

생하거나 특정 구간에서는 뇌파가 발생하지 않기 때문에 게임 제어로 적합하지 않다. 변환한 뇌파의 분포도 사람과 같은 뇌파 분포를 보여야 한다.

제안한 방법은 측정된 뇌파를 정규 분포를 사용해서 정규화하고 게임에 적합한 파형으로 변환하는 방법을 제안한다.

이 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 뇌파로 제어하는 방법에 관한 연구를 소개하고 뇌파를 정규화하는 연구를 기술한다. 3장에서는 뇌파를 정규화하는 방법을 제안한다. 4장에서는 제안한 방법을 BCI 콘텐츠에 적용한 사례를 소개한다. 마지막으로 5장에서는 제안한 방법에 대한 결론을 내린다.

2. 관련연구

이 장에서는 뇌파를 사용하는 사례 중에서 제어를 목적으로 하는 연구들을 소개한다. 그리고 제안한 방법과 같이 뇌파를 정규화하는 연구를 소개한다.

뇌파의 응용 사례에는 다음과 같다. 첫 번째, 뇌파로 휠체어를 제어하는 연구가 있다. 휠체어에 부착된 컴퓨터 화면에 표시된 목적지 또는 행동을 뇌파를 조절해서 선택하면 휠체어가 선택한 곳으로 이동한다[6]. 두 번째, 소프트웨어 음향 믹서기를 뇌파로 조절하는 연구도 있다[7]. 음향 믹서기에서 각각의 조절 장치를 알파, 베타, 그리고 세타파와 같은 파형에 하나씩 연결해서 뇌파에 따라 각각의 조절 장치를 움직이는 방법이다. 세 번째, 뇌파로 웹페이지를 탐색하는 연구가 있다[8]. 이 연구를 통해서 개발한 프로그램은 집중력결핍 과잉행동장애 아동뿐만 아니라 루게릭병, 뇌졸중 환자, 간질 환자, 그리고 장애인 등이 뇌파로 웹페이지를 제어하는 인터페이스를 제공한다. 이 연구에서는 제어를 용이하게 하기 위해서 미세한 변화를 보이는 환자의 뇌파를 증폭기를 통해서 증폭시킨다. 네 번째, BCI를 이용한 입력에는 오차가 발생하기 때문

에 기계학습과 같이 사용하는 연구도 있다[9]. 마지막으로 저가의 뇌파 측정 장치가 개발되면서 콘텐츠 분야에 많이 활용되고 있다. 예를 들어, 뇌파를 사용해서 비디오 게임을 제어하는 연구가 있다 [10].

제안한 방법과 가장 유사한 연구로는 통계를 사용해서 다양한 사람으로부터 측정된 뇌파를 정규화하는 연구가 있다[5]. 이 방법도 측정된 뇌파를 게임에 적용하기 전에 비교를 위한 뇌파를 수집한다. 수집한 뇌파의 최대 값과 최소 값을 구하고 일정한 구간으로 나누어 각 구간에서 측정된 뇌파의 빈도로 계산한다. 실시간으로 측정된 뇌파는 발생한 빈도를 기반으로 변환한다. 이 방법은 측정된 뇌파에서 측정된 사람의 특성을 줄이는 효과를 주지만 특정 구간에서는 뇌파가 발생하지 않는 문제가 있다.

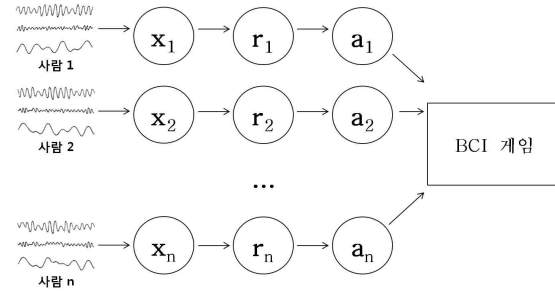
이 논문에서는 측정된 뇌파를 사람의 뇌파 분포와 유사한 분포를 가지도록 변환하고 게임에 사용할 값을 계산하는 방법을 소개한다.

3. 뇌파 처리방법

뇌파를 게임에서 제어 수단으로 사용하기 위해서는 서로 다른 사람의 뇌파 차이를 고려해야한다. 제안한 방법은 뇌파 제어의 형평성을 맞추기 위해서 [그림 1]과 같이 n번째 사람이 측정된 뇌파 x_n 을 n번째 사람의 수집한 뇌파와 비교해서 n번째 사람의 상대적인 값과 뇌파 분포가 다른 사람과 균일하게 하기 위해서 변환한 값을 동시에 계산해서 상대적인 값 r_n 을 계산한다. 그리고 상대적인 값 r_n 은 게임 환경에 적합한 절대적인 값 a_n 으로 변환해서 BCI 게임에 적용한다.

상대적인 값 r_n 을 계산하기 위해서는 측정된 사람의 뇌파 분포를 알아야하고 이를 기반으로 측정된 뇌파 x_n 의 상대적인 값 r_n 을 계산한다. 뇌파 분포는 n번째 사람의 뇌파를 미리 일정량 수집해서 평균 μ_n 과 표준 편차 σ_n 을 계산한다. 상대적인 값

r_n 은 측정된 사람의 뇌파가 평균 μ_n 과 표준 편차 σ_n 을 가지는 정규분포를 따른다고 가정하고 측정된 뇌파로 발생 확률 $P(x_n)$ 을 계산하고 상대적인 r_n 값에 할당한다.



[그림 1] 뇌파로 BCI 게임 제어

발생 확률 $P(x_n)$ 을 계산하기 위해서는 Z_n 값이 필요하다. (식 1)과 같이 평균 μ_n , 표준 편차 σ_n 그리고 측정된 뇌파 값 x_n 으로 n번째 사람의 Z_n 값을 계산한다. (식 1)에서 Z_n 값은 측정된 뇌파 값 x_n 과 평균 μ_n 의 차이를 표준 편차 σ_n 로 나눈 값이다. Z 값을 계산하면 이 값으로 발생 확률 $P(x_n)$ 을 계산할 수 있다.

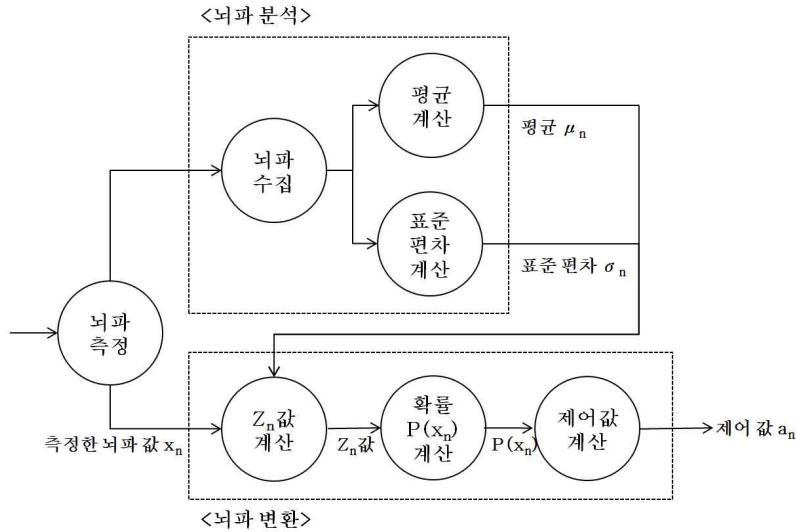
$$Z_n = (x_n - \mu_n) \div \sigma_n \quad (\text{식 1})$$

계산한 확률 $P(x_n)$ 은 식(2)과 같이 상대적인 값에 할당한다.

$$t_n = P(x_n) \quad (\text{식 2})$$

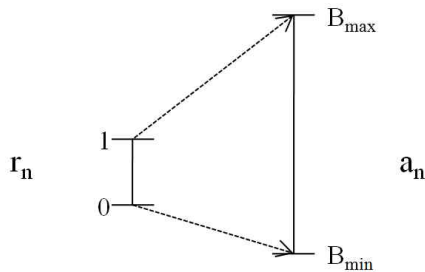
상대적인 값 r_n 은 Z_n 으로 계산한 $P(x_n)$ 로 0부터 1사이의 확률 값을 가지기 때문에 게임에 사용하기 위해서는 (식 3)과 같이 절대적인 값 a_n 으로 변환한다. x_n 은 측정된 뇌파 값이고 a_n 은 변환한 값이다. B_{\min} 은 BCI 응용프로그램에서 사용할 최소 뇌파 값이고 B_{\max} 는 최대 뇌파 값이다.

$$a_n = B_{\min} + (B_{\max} - B_{\min}) \times r_n \quad (\text{식 3})$$



[그림 2] 뇌파 처리 과정

제어로 사용할 절대적인 값 a_n 는 최대 뇌파 값 B_{max} 과 B_{min} 의 차이에 상대적인 값 r_n 를 곱하고 B_{min} 을 더해서 계산한다. [그림 3]과 같이 게임에서 사용할 절대적인 값 a_n 는 항상 최소 뇌파 값 B_{min} 보다 크거나 같고 최대 뇌파 값 B_{max} 보다 작거나 같다.



[그림 3] 게임에 사용할 값으로 변환

측정한 뇌파를 상대적인 값 r_n 과 절대적인 값 a_n 으로 변환하는 과정은 [그림 2]와 같이 뇌파를 분석하는 단계와 변환하는 단계로 구분한다. 뇌파를 분석하는 단계는 사람마다 한번만 수행되며 뇌파를 수집하는 과정과 수집한 뇌파의 평균 μ_n 과 표준 편차 σ_n 를 계산하는 과정으로 이루어진다.

뇌파를 수집하는 과정에서는 실시간에 측정된

뇌파와 비교하기 위해서 일정량의 뇌파를 미리 수집한다. 뇌파의 수집이 끝나면 수집한 뇌파의 평균 μ_n 과 표준 편차 σ_n 를 계산해서 수집한 뇌파의 분포를 알아본다. 데이터를 수집하는 동안에 측정된 뇌파는 콘텐츠에 사용하지 않는다.

뇌파를 변환하는 단계는 측정된 뇌파를 콘텐츠에서 사용하기 위해서 변환하는 단계이다. 이 단계에는 Z_n 값을 계산하는 단계, 확률 $P(x_n)$ 를 계산하는 단계 그리고 제어로 사용할 값을 계산하는 단계로 구성한다.

Z_n 값을 구하는 단계에서는 (식 1)을 사용해서 뇌파 분석 단계에서 계산한 평균 μ_n 과 표준 편차 σ_n 로 Z_n 값을 계산한다. 확률 $P(x_n)$ 를 구하는 단계에서는 Z_n 값으로 발생 확률 $P(x_n)$ 을 계산한다. 계산한 확률 $P(x_n)$ 는 (식 2)와 같이 상대적인 값 r_n 에 할당한다. 마지막으로 제어 값은 (식 3)와 같이 발생 확률 $P(x_n)$ 를 적용해서 사용할 뇌파 a_n 를 계산한다.

4. 실험

실험에서는 다수의 피험자가 BCI 게임을 진행할

때 발생하는 뇌파와 변환된 파형을 측정한다. 제안한 방법의 효과를 알아보기 위해서 변환 이전과 이후의 파형을 피험자 별로 비교하여 변환 정도를 살펴본다. 그리고 서로 다른 사람의 변환된 파형의 분포를 비교해서 유사성을 측정한다.

뇌파의 측정은 「뉴로스카이」에서 개발한 「마인드셋」을 사용한다[11]. 「마인드셋」은 저가의 뇌파 측정 장치로서 알파파, 베타파 등과 같은 기본 뇌파뿐만 아니라 명상 값 혹은 집중 값과 같이 기본 뇌파를 조합한 파형도 제공한다. 실험에서는 명상 값과 집중 값을 사용할 때 제안한 방법을 적용하여 뇌파의 변화를 비교해본다.



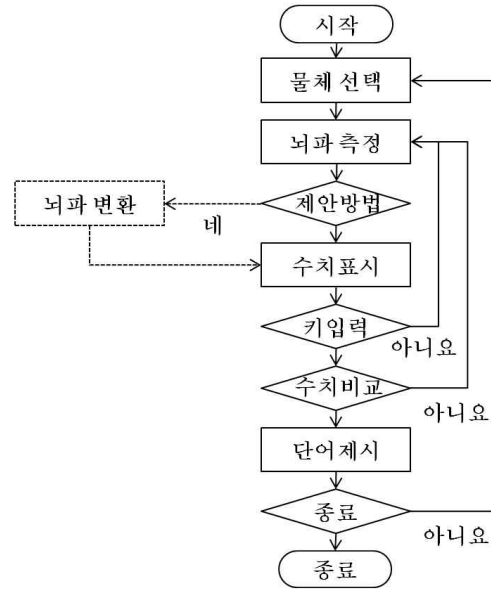
(a) 영어단어 암기 화면 (b) 영어단어 복습 화면
[그림 4] 헬로우 뉴론 실행 화면

「마인드셋」에서 측정된 모든 뇌파는 0부터 100사이의 값을 가진다. 변환 이전의 뇌파와 변환 이후의 파형을 정확하게 비교하기 위해서는 동일한 범위의 파형 생성이 필요하다. 그래서 (식 3)에서 B_{min} 과 B_{max} 를 0과 100으로 설정한다.

실험은 [그림 4]의 BCI 영어학습 프로그램 「헬로우 뉴론」에서 제안한 방법을 검증한다. 이 프로그램은 영어단어 암기 단계와 영어단어 복습 단계로 구성된다. 영어단어 암기 단계에서는 사용자가 암기할 단어의 물체를 선택한다. 그리고 집중 값이 임계 값 50을 넘을 때 키를 입력하면 암기할 단어가 제시된다. 그리고 복습 단계에서는 명상 값이 임계 값 50을 넘어서 심리적인 안정을 취할 때 학습한 단어를 복습할 기회가 주어진다.

제안한 방법을 적용해서 게임을 진행하는 과정은 [그림 5]와 같다. [그림 5]에서 점선 표시는 제안한 방법의 뇌파 변환과정을 나타낸다. 제안한 방법을 적용하지 않으면 측정된 뇌파가 곧바로 게임

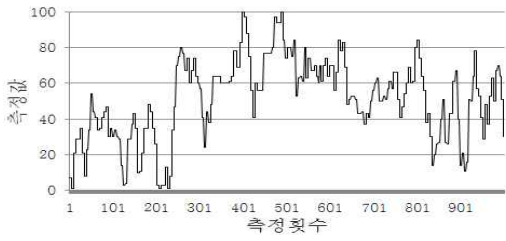
에 적용되어 수치가 표시되지만 제안한 방법을 사용하면 측정된 뇌파를 변화해서 게임에 적용한다.



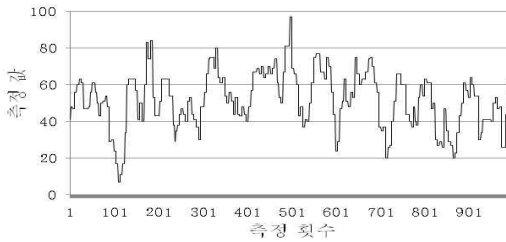
[그림 5] 수집한 뇌파

실험은 두 명의 피험자로부터 측정된 뇌파를 비교했다. 피험자 A의 뇌파 분포를 계산하기 위해서 [그림 6]과 [그림 7]의 (a)와 같이 1000번의 명상 값과 집중 값을 각각 수집했다. 피험자 A의 수집한 명상 값의 평균은 약 51.14이고 표준 편차는 약 22.44이다. 집중 값은 평균이 약 55.71이고 표준편차가 약 20.99이다.

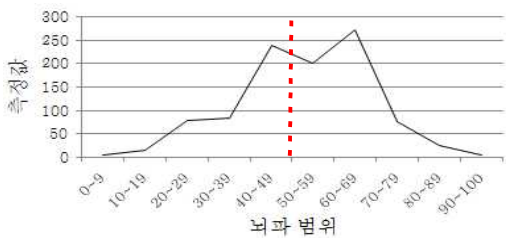
[그림 6]의 (b)는 「헬로우 뉴론」을 진행하면서 측정된 명상 값이고 [그림 7]의 (b)는 측정된 집중 값이다. 명상 값을 보면 뇌파가 20에서 80 사이에서 대부분의 뇌파 값이 분포되었다. 20이하 혹은 80이상의 값은 거의 측정할 수가 없었다. 집중 값도 80이상의 값을 거의 측정할 수 없었고 20이하 한 번만 내려간다. [그림 6]의 (d)는 정규화한 명상 값이다. [그림 6]의 (b)와 비교하면 측정된 뇌파가 50값을 중심으로 집중되었다. 예를 들어 정규화 이전의 뇌파에서는 제일 작은 뇌파 값이 7값이지만 정규화 이후에서는 17 값으로 증가되었다. [그



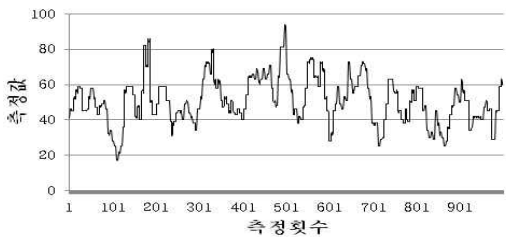
(a) 뇌파 수집 단계에서 측정된 뇌파



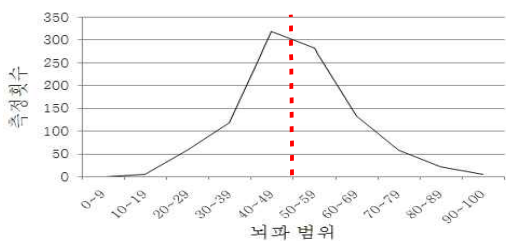
(b) 뇌파 변환 단계에 입력된 뇌파



(c) 뇌파변환 단계에 입력된 뇌파의 구간별 발생빈도

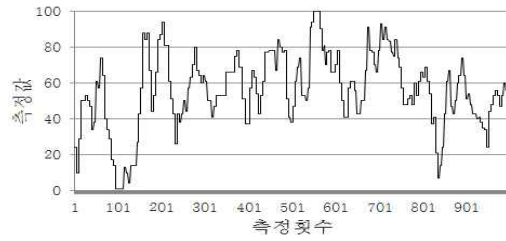


(d) 제어용 파형

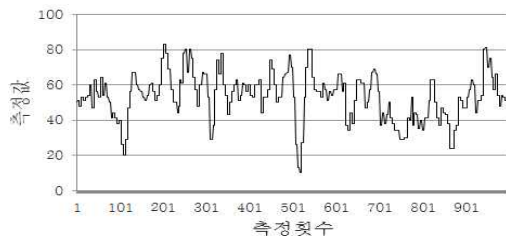


(e) 제어용 파형의 구간별 발생 빈도

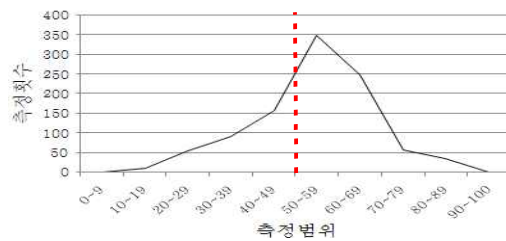
[그림 6] 피험자 A의 명상 값 변화



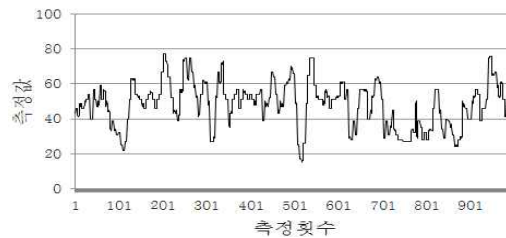
(a) 뇌파 수집 단계에서 측정된 뇌파



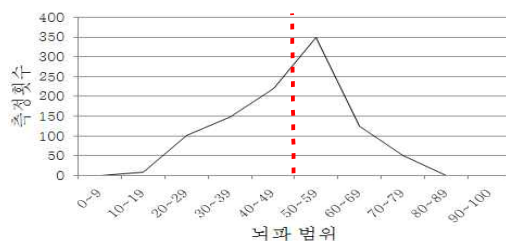
(b) 뇌파 변환 단계에 입력된 뇌파



(c) 뇌파변환 단계에 입력된 뇌파의 구간별 발생빈도

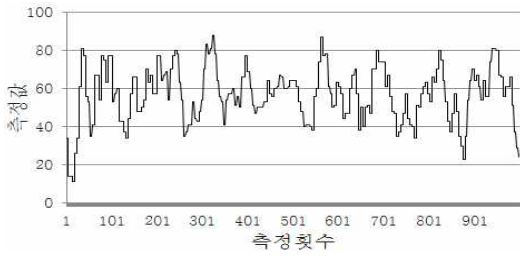


(d) 제어용 파형

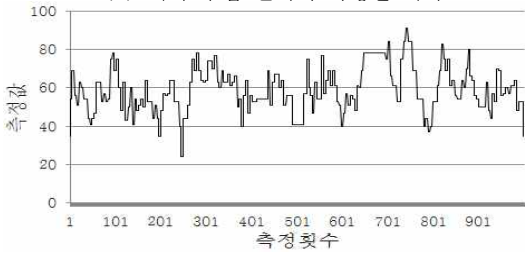


(e) 제어용 파형의 구간별 발생 빈도

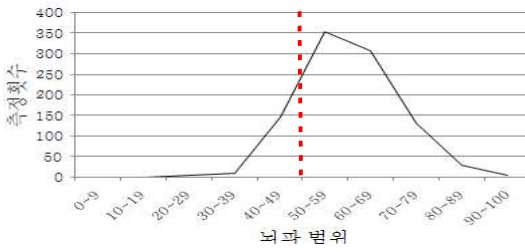
[그림 7] 피험자 A의 집중 값 변화



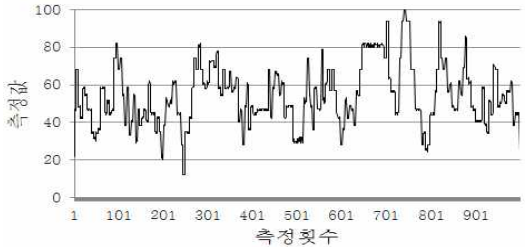
(a) 뇌파 수집 단계에서 측정된 뇌파



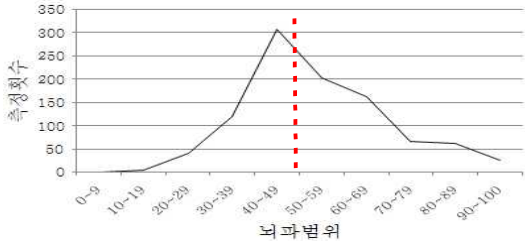
(b) 뇌파 변환 단계에 입력된 뇌파



(c) 뇌파변환 단계에 입력된 뇌파의 구간별 발생빈도

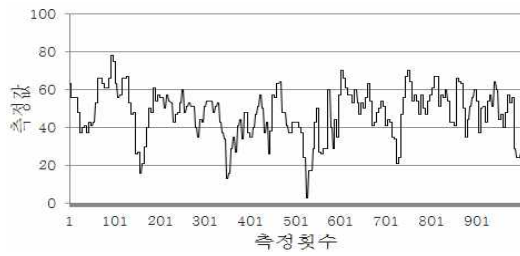


(d) 제어용 파형

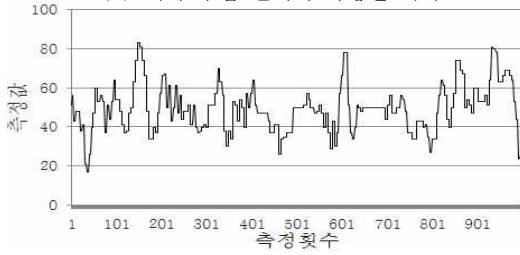


(e) 제어용 파형의 구간별 발생 빈도

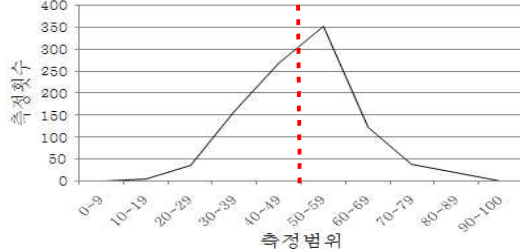
[그림 8] 피험자 B의 명상 값 변화



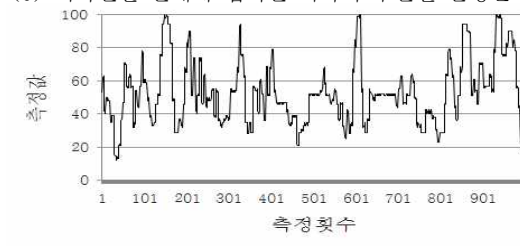
(a) 뇌파 수집 단계에서 측정된 뇌파



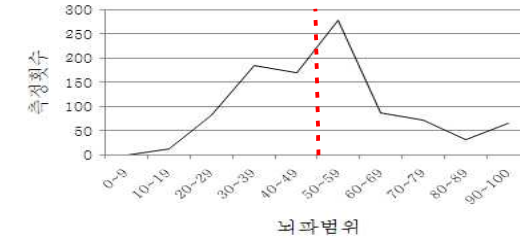
(b) 뇌파 변환 단계에 입력된 뇌파



(c) 뇌파변환 단계에 입력된 뇌파의 구간별 발생빈도



(d) 제어용 파형

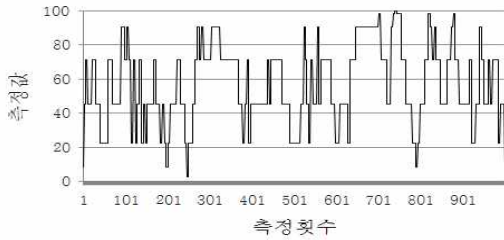


(e) 제어용 파형의 구간별 발생 빈도

[그림 9] 피험자 B의 집중 값 변화

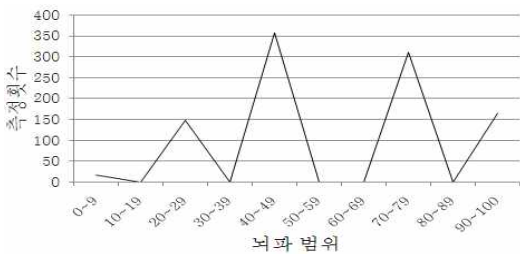
림 6]의(c)는 정규화 이전의 뇌파 분포이고 [그림 6]의(e)는 정규화 이후의 뇌파 분포이다. 두 개의 그래프를 비교할 때 정규화를 한 그래프에서 중간 범위의 뇌파가 더 많이 발생되었다.

정규화한 집중 값은 [그림 7]의 (d)와 같이 명상 값처럼 값 50을 중심으로 약간 집중되었다. [그림 9]의 (e)는 정규화한 집중 값의 분포를 보였다. 집중 값은 변환 이후에 값 50을 중심으로 양쪽이 크게 분포했다.



[그림 10] 피험자 B의 명상 값을 통계로 변환

피험자 B도 피험자 A처럼 동일한 방법으로 명상 값과 집중 값을 측정하고 제안한 방법으로 변환해서 [그림 8]과 [그림 9]와 같은 결과를 보였다. 피험자 B의 측정된 값을 보면 명상 값은 40에서 80사이를 집중 값은 20부터 80 사이에서 많은 뇌파가 측정되었다. 하지만 제안한 방법을 사용하면 두 값 모두 20보다 크고 100보다 작은 범위에서 뇌파가 주로 측정되었다.



[그림 11] 통계로 변환할 때의 분포

[그림 10]은 제안한 방법이 아닌 통계 방법으로 피험자 B의 명상 값을 정규화를 할 때 변환된 파

형이다. 제안한 방법을 사용한 [그림 8]의 (d)와 비교하면 통계를 이용한 방법의 파형은 측정된 뇌파 값에 민감하게 반응하지 않았다. 그리고 사람에게서는 자주 발행하지 않는 80이상의 값이 자주 발생했다.

[그림 11]은 통계 방법으로 정규화할 때 피험자 B의 명상 값 분포이다. 명상 값 분포를 보면 파형이 측정되지 않는 구간이 발생되었다. 그리고 사람의 뇌파처럼 정규분포를 따르지 않고 불규칙적으로 분포되었다.

[표 1] 두 피험자의 뇌파 상관 계수

	측정한 값	정규화한 값
명상 값	0.85746	0.96637
집중 값	0.88147	0.9526

제안한 방법의 성능을 측정하기 위해서 정규화 이전과 이후에 측정된 두 피험자의 뇌파 분포 유사 정도를 비교했다. 비교는 상관계수로 표현했다. [표 1]과 같이 명상 값을 정규화하기 전에는 두 피험자의 뇌파 분포가 약 0.86의 상관계수를 나타내지만 정규화 이후에는 약 0.97의 상관계수를 보인다. 약 13%정도의 상관계수가 증가했다. 집중 값은 약 0.88에서 0.95로 약 8%정도 증가했다. 정규화 이전과 이후의 파형의 비교를 통해서 제안한 방법을 적용하면 서로 다른 사람의 뇌파 분포가 더 유사해졌다.

[표 2] 피험자 A의 50이상 뇌파 측정 횟수

	정규화 이전	정규화 이후
명상 값	577	500
집중 값	688	522

[표 2]와 [표 3]은 측정하고 변환한 뇌파를 게임에 적용할 때 단어가 제시되는 횟수를 나타낸다. 영어 단어 학습 프로그램에서 단어는 뇌파가 50이

상일 때 보이는 데 [표 2]를 보면 피험자 A는 정규화 이전에 577번 50이상의 수치를 보였지만 정규화 이후에는 500번이 측정되었다. 피험자 B는 정규화 이전에 835번 측정되었지만 정규화 이후에는 525번 측정되었다. 그래서 정규화 이전에는 뇌파가 50을 넘어 단어가 제시된 횟수가 258번 차이가 났다. 하지만 정규화 이후에는 22번 차이가 나서 서로 다른 사람의 뇌파로 게임을 진행해도 유사하게 게임이 제어되었다.

[표 3] 피험자 B의 50이상 뇌파 측정 횟수

	정규화 이전	정규화 이후
명상 값	835	525
집중 값	532	547

5. 결 론

이 논문에서는 뇌파를 변환하기 위해서 뇌파를 분석하는 단계와 뇌파를 변환하는 단계로 구성했다. 뇌파를 변환하기 위해서 사람마다 한 번의 뇌파 분석 단계를 수행해서 뇌파 분포를 분석했다. 분석이 끝나면 실시간으로 측정된 뇌파를 게임에 적합한 파형으로 변환했다. 변환은 형평성을 위해서 측정된 뇌파를 상대적인 값으로 표현하는 방법과 게임 제어에 적합한 파형으로 변환하는 방법으로 나누어 제안했다.

실험에서는 뇌파측정 장치에서 측정된 명상 값과 집중 값으로 영어 단어 학습 프로그램을 제어했다. 정규화를 위해서 명상 값과 집중 값을 각각 1000씩 수집하고 수집한 뇌파로 각각의 평균과 표준편차를 계산했다. 계산한 값으로 실시간으로 측정된 뇌파 값을 정규화하고 변환했다. 두 피험자의 뇌파 유사 정도를 상관계수로 비교할 때 제안한 방법을 적용하면 최대 13%정도 향상시킬 수 있었다. 변환된 뇌파는 실험을 통해서 유사하게 게임을 제어할 수 있음을 보였다.

제안한 방법은 다양한 사람의 뇌파를 일정한 분포를 가지도록 변환함으로써 뇌파에 반영된 개인의 특성을 줄였다. 예를 들어, 측정된 뇌파 평균이 50을 넘는 사람들은 측정된 뇌파를 낮추어 사용하고 평균이 50보다 낮은 사람은 높여서 사용할 수 있었다. 이 방법을 사용하면 게임을 개발할 때 다양한 사람의 뇌파 차이를 고려하지 않아도 된다. 그래서 게임의 재미를 높이는 개발에 집중할 수 있다.

향후에는 변환된 뇌파를 콘텐츠에 적용할 발생되는 문제점들을 도출하고 이를 통합적으로 해결할 수 있는 저작도구에 관한 연구를 진행할 예정이다.

참고문헌

- [1] M.Perl, "TOVA in clinical Practice", Neuro Therapy, 2004.
- [2] Jaeseung Jeong, "Clinical Neurophysiology, EEG dynamics in patients with Alzheimer's disease", 115, pp. 1490-505, 2004.
- [3] 박병운, "뉴로피드백 기기를 이용한 초능력 개발", 한국정신과학학회, 2002.
- [4] Nijholt, A. and Oude Bos, D. and Reuderink, B., Turning Shortcomings into Challenges: Brain-Computer Interfaces for Games. Entertainment Computing, 1 (2), pp. 85-94, 2009.
- [5] 최지원, 성연식, 이창숙, 조경은, 엄기현, "뇌파 콘텐츠를 개발하기 위한 실시간 뇌파 정규화 방법", 한국멀티미디어학회 춘계학술발표대회 논문집, 제12권, 1호, 2009.
- [6] I.Iturrate, J.Antelis, A.Kübler, and J.Minguez, "A Non-Invasive Brain-Actuated Wheelchair based on a P300 Neurophysiological Protocol and Automated Navigation", IEEE Transactions on Robotics, vol. 25, no. 3, pp. 614 - 627, 2009.
- [7] E R Miranda and V Soucaret, "Mix-It-Yourself with a Brain-Computer Music Interface", Proceeding 7th ICDVRAT with ArtAbilitation, 2008.
- [8] Michael Bensch, "Nessi: An EEG-Controlled Web Browser for Severely Paralyzed Patients"

- [9] K. Müller, M. Krauledat, G. Dornhege, G. Curio, and B. Blankertz. Machine learning techniques for braincomputer interfaces. Biomed. Tech, 49(1), pp. 11 - 22, 2004.
- [10] Pour, P.A., Gulrez, T., AlZoubi, O., Gargiulo, G., Calvo, R.A., "Brain-computer interface: Next generation thought controlled distributed video game development platform", IEEE Symposium On Computational Intelligence and Games, 2008. CIG '08. pp. 251-257, 2008.
- [11] neurosky, <http://www.neurosky.com>



성 연 식 (Yunsick Sung)

2004년 2월 부산대학교 컴퓨터공학(공학사)
2006년 2월 동국대학교 컴퓨터공학(공학석사)
2010년 2월 동국대학교 게임공학(박사수료)
2007년 8월-2009년 1월 삼성전자(주)

관심분야 : 게임 소프트웨어공학, 게임 인공지능



엄 기 현 (Kyhyun Um)

1975.2 서울대학교 공과대학 응용수학과(공학사)
1977.2 한국과학기술원 전산학과(이학석사)
1994.2 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)
1978.3-2007.6 동국대학교 컴퓨터멀티미디어 공학과
정교수
2007.7-현재 동국대학교 영상미디어대학 게임멀티미디어
공학과 교수
1995.3-1999.2 동국대학교 정보관리처장 역임
2001.3-2003.2 동국대학교 정보산업대학 학장 역임
2009.8-현재 동국대학교 영상미디어대학 학장 겸 영상
대학원 원장
2005.3-현재 한국 게임학회 자문위원
1998.12-2001.12 한국 멀티미디어학회 부회장, 자문위원,
수석부회장 역임
2007.1-2007.12 한국멀티미디어학회 회장

관심분야 : 게임시스템 및 구조 설계, 멀티미디어응용
시스템, 멀티미디어데이터베이스



조 경 은 (Kyungeun Cho)

1993.2 동국대학교, 전자계산학과(공학사)
1995.2 동국대학교, 컴퓨터공학과 대학원(공학석사)
2001.8 동국대학교, 컴퓨터공학과 대학원(공학박사)
2003.9-2005.8 동국대학교 정보산업대학 컴퓨터멀티미디어
공학과의 전임강사
2005.9-2009.8 동국대학교 영상미디어대학 게임멀티미디어
공학과 조교수
2009.9-현재 동국대학교 영상미디어대학 멀티미디어공학과
부교수

관심분야 : 컴퓨터 게임 알고리즘, 게임 인공지능, 멀티
미디어 정보처리