

뇌파센서의 인터랙티브 콘텐츠 제작 연구

김종헌, 김준

동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과

Interactive Multimedia System Using Brain Waves

Jonghun Kim, Jun Kim

MARTE Lab., Department of Multimedia,
Graduate School of Image and Contents
Dongguk University

요 약

본 연구의 목적은 사람의 뇌파를 측정하여 나오는 raw data의 수치를 응용프로그램에 적용하여 사람의 단순 의지만으로 조절이 가능하고, 실시간으로 제어가 되는 멀티미디어 콘텐츠를 제작하는 것이다. 뇌파를 이용하여 제작된 콘텐츠는 음향과 영상을 제어하는 시스템이다. 뇌파를 이용해 실시간으로 조절 되는 콘텐츠를 제작하기 위해서는 조작의 편이성과 반응의 일관성 그리고 직관성 이라는 세 가지 조건이 전제가 되어야 했다. 세 가지 전제 조건에 맞는 뇌파 데이터를 검출하기 위하여 심신의 상태와 상황의 변화에 따른 뇌파의 반응을 측정하고, 결과에 따른 뇌파의 수치를 비교 분석하는 연구가 필요하였다. 분석을 통해 검출된 뇌파 데이터는 '안정'과, '분산'의 심신 상태로 구분하였고, 뇌파의 분석에서 두 심신 상태를 구분 짓는 기준으로 raw data의 진폭을 사용하였다. 안정과 분산 상태에서 검출한 뇌파 수치는 음향적으로 주파수와 음량을 조절하고, 영상 적으로는 모델링된 영상의 좌표 값을 조절한다. 본 논문에서는 제어가 가능한 뇌파의 검출과 뇌파를 이용해 실시간으로 사용할 수 있는 멀티미디어 콘텐츠 제작에 대한 방법을 제시하고 있다.

I. 서 론

1.1 뇌파의 발전과 새로운 콘텐츠의 개발

의학적 용도로만 사용되었던 뇌파에 대한 연구는 해를 거듭해 가며 꾸준한 발전을 이루었고, 이러한 발전은 뇌파의 활용범위를 다 방면으로 확장 시켰다. 이제 뇌파의 활용분야는 의학적 용도보다는 교육·문화·생활 등으로 더욱 초점이 맞춰지고 있다. 활용의 예로 뇌파를 이용한 게임, 뇌파를 이용한 집중력 향상 프로그램, 뇌파를 이용해 조절하는 휠체어 등과 같이 뇌파의 실용적 목적 접근이 시도되고 있다. 뇌파에 대한 활용이 실용적인 방향으로 변해 가면서 장비의 설치와 조작이 간편해졌고, 착용방식도 헤드셋과 같은 형태로 단순해 졌다. 뇌파의 활용분야가 넓어지고 사용이 편리해지면서 대학을 비롯한 여러 기관에서 뇌파를 이용한 콘텐츠의 개발이 이루어졌고, 지금도 활발히 진행 되고 있다. 본 논문에서 논의하고자 하

는 내용은 실용적 접근이 시도되고 있는 뇌파에 대한 새로운 콘텐츠 제작의 연구이고, 논문의 목적은 뇌파를 이용하여 실시간 상호작용(interactive)이 가능한 콘텐츠를 제작하는 것이다.

1.2 뇌파의 이해와 표본검출

본 연구의 목적인 실시간 상호작용이 가능한 멀티미디어 콘텐츠를 제작하기 위하여 선행 되어야 하는 연구는 뇌파의 측정이다. 이 연구에 사용된 뇌파 측정 장비는 NeuroSky사의 Mindkit-EM¹⁾을 사용하였고, 측정 방법은 Mindkit-EM에 부착된 3개의 전극판을 통해 뇌파를 측정하였다. 측정된 뇌파의 데이터는 Max/MSP/Jitter²⁾에서 제어가 가능 하도록 mapping을 하였다.

1) 미국 NeuroSky사의 뇌파측정 센서로서 뇌파 분석, 게임, 집중력 테스트 용도로 주로 사용되고 있다.

2) Cycling '74에서 제작한 실시간 음악, 영상을 제어할 수 있는 응용프로그램

뇌파(腦波)란 간단히 말해 신경계에서 뇌신경 사이에 신호가 전달될 때 생기는 전기의 흐름을 말하고, 다른 말로 뇌전도(EEG:electroencephalogram³⁾)라고도 한다. 뇌파를 측정하게 되면 [그림-1]과 같이 매우 복잡한 형태의 파형으로 나타나게 되는데 이를 raw data⁴⁾라 한다. 이 raw data를 파워 스펙트럼(power spectrum)⁵⁾ 형태로 변환하면 [그림-2]와 같은 형태로 나타나게 된다.



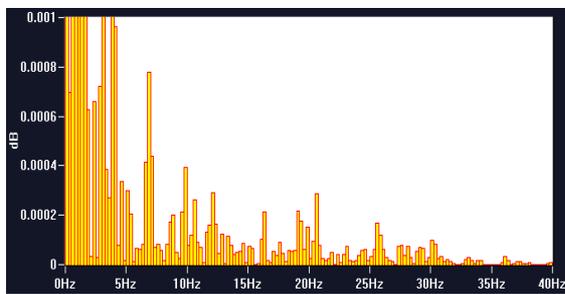
[그림-1] 뇌전도의 raw data

뇌파의 파워 스펙트럼은 주파수별로 구분되어져 있으며 심신의 상태에 따라 각 주파수별로 진폭이 다르게 나타나게 된다. 심신 상태에 따른 각 주파수의 특징은 아래의 [표-1]과 같이 구분 된다.

[표-1] 뇌파의 종류와 특징

Type	Frequency(Hz)	Normally
δ (Delta)	0.5 - 4 Hz	수면상태
θ (Theta)	4 - 7 Hz	서파수면과
α (Alpha)	8 - 12 Hz	안정과
β (Beta)	12 - 30 Hz	활동과
γ (gamma)	30 Hz이상	각성과 흥분시

[그림 2]는 NeuroSky사에서 제공하는 집중도분석 프로그램인 Neuro View를 이용하여 집중도 100%를 측정하였을 때의 파워 스펙트럼이다. [그림-2]를 살펴보면 집중을 하게 되면 그림과 같이 Delta파가 두드러지게 나타나고, 전 구간에서 일정 부분 반응하는 것을 볼 수 있다.



[그림-2] 집중도 100%의 power spectrum

3) EEG(electroencephalogram) : 신경계에서 뇌신경 사이에 신호가 전달될 때 생기는 전기의 흐름

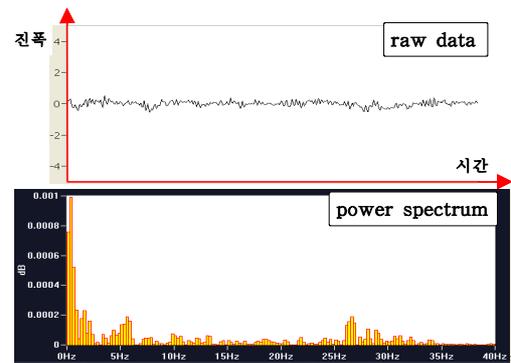
4) 각 주파수 별로 분리되지 않은 뇌파의 형태를 말한다.

5) 뇌파를 각 주파수별로 구분하여 주파수별 진폭을 나타내 주는 도표

II. 뇌파센서를 이용한 콘텐츠 제작의 기술적 서술

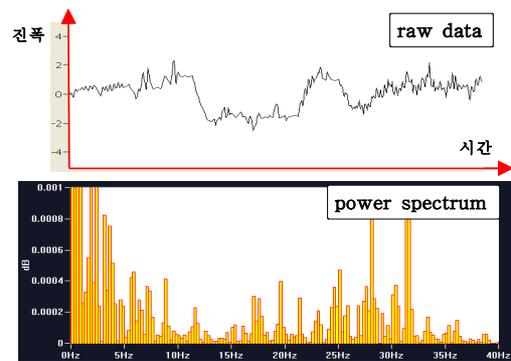
2.1 직관적 조절을 위한 뇌파형태 검출

Neuro View를 사용하여 집중도가 100%일 때 [그림-2]와 같은 파워 스펙트럼을 얻게 되었지만 피실험자를 통해 뇌파의 각 주파수를 의식적으로 조절하여 [그림-2]와 같은 파워 스펙트럼 형태를 이끌어 내기는 쉽지 않았다.



[그림-3] 안정적이고 휴식을 취하고 있는 상태의 raw data와 power spectrum

[그림-3]은 심적으로 안정적인 상태, 휴식 상태에 있는 피실험자의 뇌파를 측정하여 나타난 raw data와 파워 스펙트럼이다. 이때 raw data의 진폭이 0값에 가까워지는 것을 보이고 있고 파워 스펙트럼은 Delta파를 제외한 전 구간에서 작은 진폭을 보이고 있다.



[그림-4] 흥분 자극 상태의 raw data와 power spectrum

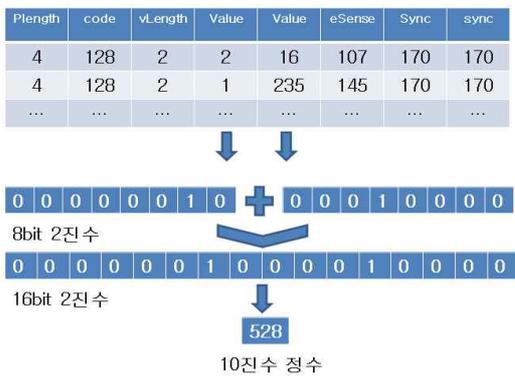
[그림-4]의 경우는 흥분과 자극을 부여한 상태이다. 이때의 raw data 진폭은 커지고, 파워 스펙트럼의 각 주파수 진폭도 커지는 것을 볼 수 있다.

위의 실험 결과 [그림-3]과 [그림-4]의 상태인 안정과 흥분 상태는 모든 피실험자의 단순의지만으로 조절이 가능했고, 즉각적인 뇌파의 진폭조절 또한 가능함을 보였다. 하지만 [그림-2]의 집중도를 측정하기 위한 실험에서는 피실험자의 단순의지로 집중도를 높이거나 즉각적인

조절을 하는 것이 쉽지 않았고, 개인차에 따라 오차를 가졌다. 따라서 본 연구에서는 의식적 조절과 즉각적 조절이 가능한 [그림-3]과 같은 안정·휴식상태의 raw data와 [그림-4]와 같은 흥분·자극상태의 raw data를 멀티미디어 콘텐츠제어를 위해 활용하고자한다. 또한 본 논문에서는 [그림-3]과 같이 안정·휴식상태 다시 말해 0값에 가까워지는 진폭을 갖는 raw data의 상태를 '안정', [그림-4]와 같은 흥분·자극상태 또는 raw data의 진폭이 0값에서 멀어지는 상태를 '분산'이라 명명한다.

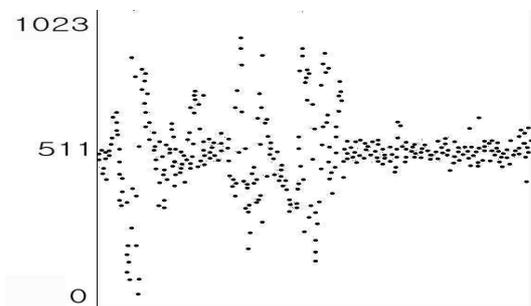
2.2 Max/MSP에서의 Raw data 활용방안

뇌파 데이터의 mapping 작업은 Max/MSP에서 진행하였다. Max에서 MindKit-EM을 통해 뇌파 데이터를 받게 되면 packet형태로 나타나게 되는데 본 연구에서는 이 packet의 데이터들 중 raw data만을 사용하였다.



[그림-5] MindKit-EM의 데이터 packet

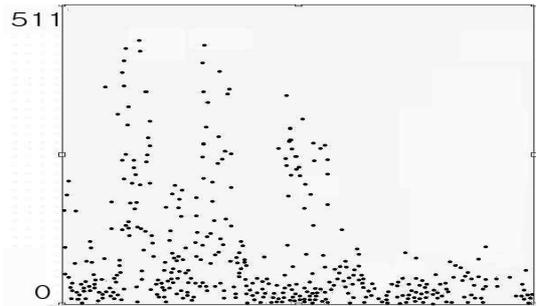
packet의 데이터들은 각각 8bit 데이터 단위로 구성 되어 있고 raw data는 2개의 8bit 데이터가 합쳐진 16bit의 데이터를 사용한다. raw data의 첫 번째 8bit 데이터는 최소 0, 최대 2의 값을 가지고 두 번째 8bit 데이터는 최소 0, 최대 255의 값을 가진다. 결과적으로 MindKit-EM을 통해 얻게 되는 raw data 범위는 0~1023까지가 된다.



[그림-6] Max/MSP에서 표현된 raw data

[그림-6]은 Max에서 raw data를 점으로 표현한 것이다. 그림에서 나타나는 raw data들은 불규칙해 보이지만 511 값을 중심으로 값이 증감하고 있다. 511값을 중심으로 증

아지고 멀어지는 것은 뇌파의 각 주파수 대역에서의 진폭이 커지고 작아지는 것과 같다. 결국 Max에서 raw data가 511값에 가까워지는 것은 '안정'과 같고 0값과 1023값에 가까워지는 것은 '분산'과 같다 할 수 있다.



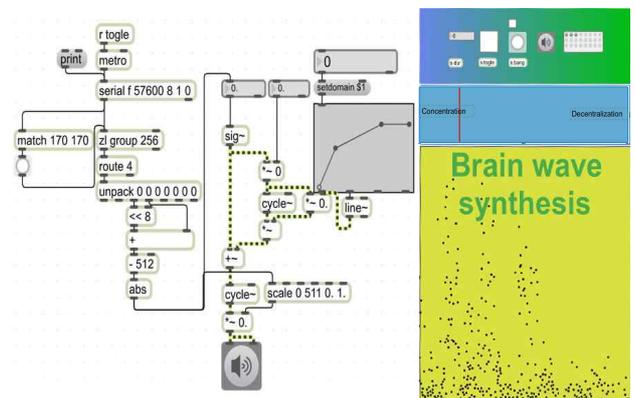
[그림-7] Max/MSP에서 범위 조절을 한 raw data

511값을 중심으로 0값에 가까워지는 것과 1023값에 가까워지는 것이 같은 의미의 값이라면, raw data의 전체 값에서 511값을 뺀 후 절대 값을 취해 얻게 되는 [그림-7]과 같은 범위를 사용하는 것이 가능하다. 본 논문에서는 MindKit-EM을 통해 얻게 되는 raw data의 범위 0~1023값 까지를 [그림-7]과 같이 0~511값의 범위로 조절하여 사용 하겠다.

III. 뇌파센서를 이용한 상호작용 콘텐츠

3.1 뇌파와 음향의 상호작용

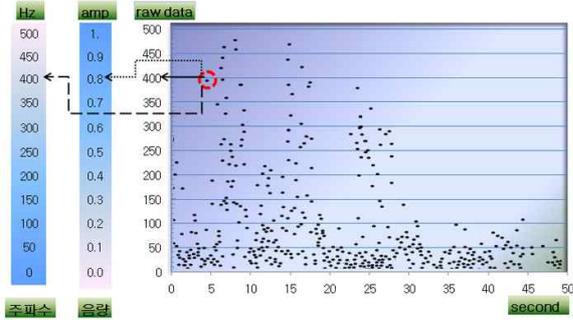
Raw data를 조절하여 나온 수치를 음향에 접목시켜 실시간으로 음향을 조절 할 수 있는 환경을 구성 하였다. 제작 응용프로그램으로는 Max/MSP를 사용하였고, 소리는 FM(frequency modulation)사운드를 사용 하였다.



[그림-8] Max/msp를 이용해 제작한 Brain wave synthesis patch

[그림-8]은 Max/MSP를 사용해 제작한 FM patch의 일부이다. raw data에서 나오는 0~511값은 주파수와 음향을 조절하게 되는데 주파수 범위는 0~511Hz로 하였고

음량은 0~1값을 가지도록 범위를 조절하였다. 이 패치는 뇌파센서를 이용하여 뇌파가 '안정'이 되면 음높이와 음량이 낮아지고, '분산'이 되면 음높이와 음량이 높아지도록 짜여졌다.



[그림-9] 뇌파에 변화에 대응하는 음량과 주파수

개인 차이에 따라 raw data가 0값에 가까워 졌을 때, 다시 말해 '안정'에 가까워 졌을 때의 raw data 조밀도가 조금씩 다르긴 했지만 대부분의 피실험자들이 raw data의 진폭을 조절하는데 어려움은 없었다. 또한 [그림-8]의 오른쪽 그림을 보면 뇌파의 raw data를 스펙트럼과 슬라이드로 나타내어 사용자의 현재 상태가 '안정' 상태인지 있는지 '분산' 상태인지를 직감적으로 감지하여, '안정'과 '분산' 정도를 조절 할 수 있도록 하였다.

3.2 뇌파와 영상의 상호작용

영상을 제어하기 위해서는 많은 변수의 조절이 필요하나 뇌파를 통해 얻을 수 있는 변수는 raw data 하나 뿐이다. 변수를 한 가지만 사용하여 영상을 효과적으로 조절하기 위해서는, 영상의 변화는 단순해야 하고 결과는 직관적이어야 한다.

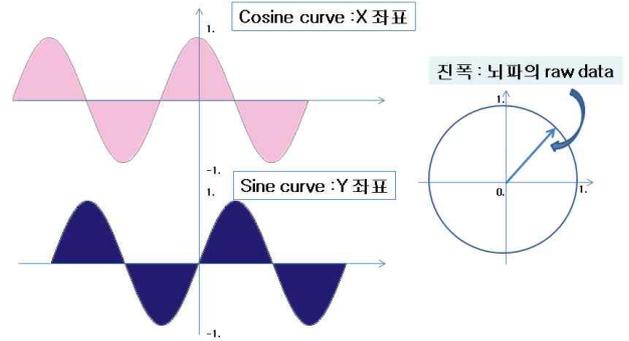


[그림-10] 집중도가 높을 때의 영상



[그림-11] 집중력이 분산 될 때의 영상

위의 [그림-11]과 [그림-12]의 영상은 raw data의 수치를 좌표 값으로 변환하여 좌표에 따라 물결을 형상화 하는 영상이다. raw data의 진폭이 '안정' 상태에 가까울 때는 물결의 영상이 중앙으로 모이고 '분산' 상태에 가까울 때는 물결이 점점 중앙에서 멀어지게 된다. 이 영상에서는 raw data의 변수 하나만을 이용하여 X축과 Y축을 동시에 조절하게 된다.



[그림-12] raw data에 의해 모이고 퍼져가는 영상의 연산

이러한 좌표를 얻기 위해서는 [그림-12]와 같이 X좌표를 cosine주기로 Y좌표를 sine주기로 순환을 시키고, 진폭을 조절하면 중심에서 가까워지고 멀어지면서 원주기 운동을 하게 되는 좌표를 생성 할 수 있다. raw data의 수치를 진폭에 대응 시키면 뇌파에 의해 물결이 고이고 퍼져가는 영상을 구현 할 수 있다. 영상 구현 응용프로그램으로 Jitter를 사용하였으며 외부 오브젝트(external object)로는 <xray.jit.water>⁶⁾를 사용 하였다. 이 오브젝트는 물결의 형상을 simulation해 주는 역할을 한다.

IV. 결과 및 개선방안

본 논문에서는 뇌파를 이용한 새로운 멀티미디어 콘텐츠 개발에 대한 연구를 시도하였고, 이 연구를 위해 의식적이고 즉각적인 조절이 가능한 뇌파 데이터를 추출하는 실험이 이루어 졌다. 연구 결과 뇌파의 raw data를 이용하여 Max/MSP/Jitter상에서 음향과 영상을 조절하게 되는 콘텐츠를 제작하였고, 이러한 시도는 더 많은 콘텐츠에서의 활용 가능성을 보여주었다. 연구에서 가장 중점을 두었던 부분은 첫째, 단순 의지만으로 제어가 가능한 뇌파 데이터의 검출이었고, 둘째, 검출된 뇌파 데이터와 콘텐츠간의 mapping이었다.

4.1 뇌파 데이터의 활용 결과와 개선방안

단순 의지만으로 제어가 가능한 뇌파 데이터를 검출하

6) Wesley Smith에 의해 개발된 object로서 Jitter에서 사용할 수 있는 실시간 시뮬레이션 object이다.

는데 있어서 전제가 되어야 했던 세 가지 조건인 조작의 편이성과 반응의 일관성 그리고 직관성에 부합하는 데이터를 얻기 위해 여러 피실험자들을 대상으로 뇌파측정 실험이 이루어 졌고, 그 결과 심리적 안정 상태와 흥분·자극 상태에서 뚜렷한 반응을 보이는 결과를 얻게 되었다. 이러한 반응은 모든 피실험자에게서 동일하게 나타났으며 동일한 반응의 결과를 바탕으로 뇌파를 이용해 멀티미디어 콘텐츠를 제어하게 되었다. 이와 같이 뇌파를 이용하여 멀티미디어 콘텐츠를 제어할 수 있게 되었지만 본 연구에서 아쉬움이 남는 것은 보다 정확하고 세밀한 뇌파 데이터의 조절이 필요하다는 것이다.

이 문제를 해결하기 위해서는 다양한 심리상태에 따른 뇌파의 분석이 필요하고, 뇌파의 파워 스펙트럼에서 나타나는 각 주파수의 비율적 특징을 정의하는 연구가 필요하다. 또한 뇌파를 조절하기 위한 피실험자의 뇌파조절 학습이 이루어진다면 보다 정확하고 세밀한 뇌파 데이터의 조절이 가능하리라 본다.

V. 참고문헌

- [1] Janne Lehtonen, EEG-based Brain Computer Interfaces 2002.
- [2] Wikipedia, Brain wave.
http://en.wikipedia.org/wiki/Brain_wave
- [3] Computer Music Journal, 33:1, pp. 9-18, Spring 2009
- [4] <http://www.laxtha.com/SiteView.asp?x=7&y=32&z=33>
- [5] 이해경, 김상기, 김종경, 박선호, 이선호, 김용덕, 김계현 뇌-컴퓨터 인터페이스를 위한 뇌파 측정 패러다임 연구와 실시간 분석 소프트웨어 개발 2007.