

미디어아트를 위한 생체 센서의 활용

- EEG 인터페이스를 활용한 뇌파 데이터를 중심으로 -

Media Art Utilizing Biometric Sensors

- Focused On EEG Interface and Brain-wave Data -

김은솔¹, 김현주^{2*}

Eunsol Kim¹, Hyun Ju Kim^{2*}

요약

뇌파를 중심으로 바이오메트릭센서를 활용한 미디어아트 작품 제작 기술에 대한 최근 동향을 파악하고 이를 직접 작품제작에 적용하였다. 뇌전도(EEG)를 중심으로 미디어아트 작품 <마음챙김(Mindfulness)>를 제작함으로써 브레인 컴퓨터 인터페이스(BCI)의 활용이 실제 미디어아트에서 어떻게 미학적으로 발현 가능할지 모색하였다. 뇌파 데이터는 작품과의 상호 작용에서 관람자의 신체 움직임을 필요로 하지 않는다는 특징에 기반해 신체에 장애를 가진 사람들의 확장적 표현이 가능할 것으로 보인다. 또한 모션센서를 비롯한 다양한 센서 인터페이스 기술과 함께 혼합되어, 향후 오감을 사용하는 융합형 상호작용 인터페이스로 발전시켜 활용이 가능할 것이다. 이로써 BCI는 전시 구성 및 작품 제작, 어린이 교육 및 놀이, 퍼포먼스 등 다양한 분야의 연구에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대한다.

핵심어 : 생체센서, EEG, 브레인 컴퓨터 인터페이스, 미디어아트 관객 경험

Abstract

The research focuses on the exhibition technology and its art making application utilizing bio-metric sensors, especially focusing on brainwave. We created a media art work <Mindfulness> to inquire about the aesthetic possibilities of media art with the brain computer interface(BCI) in the art field. The fact that an artwork using brainwave data does not require viewer's physical body movement, proposes the expressive possibility for the people with disabilities. In addition, by incorporating with various sensor interfaces including motion sensors, the brain computer interface can be part of complex interface activating multi-sensory interaction. We expect BCI will be very useful in creating and researching on the exhibitions and performance, education and entertainment.

Keyword : biometric sensor, EEG, brain computer interface(BCI), user experience in media art

1 Department of Newmedia, Seoul Media Institute of Technology, Seoul, Korea [Graduate Student]
e-mail: kimeunsol243@naver.com

2 Department of Newmedia, Seoul Media Institute of Technology, Seoul, Korea [Professor]
e-mail: hjkim@smit.ac.kr (Corresponding author)

* 이 논문은 2016년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2016S1A5A2A01026321)

Received(November 09, 2018), Review Result(1st: November 30, 2018), Accepted(December 04, 2018), Published(December 31, 2018)

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

국내의 미디어아트에서 인터랙티브 아트 분야는 많은 비중을 차지하고 있고, 작품 제작에 있어 물리적 소자 또는 카메라에 의한 센서 인터페이스의 사용이 매우 빈번하며 대부분 관람객의 움직임이나 접촉에 의한 센서값을 추출해 사용한다. 세계적인 미디어아티스트인 다니엘 로진(Daniel Rozin)의 기계적 거울(Mechanical Mirrors) 연작이나 비디오 페인팅(Video Painting) 연작[1], 국내 작가 콜렉티브인 에브리웨어(Everyware)의 클라우드 핑크(Cloud Pink)[2]와 같은 작업들은 카메라를 통해 추출한 영상을 인식하여 관람객의 움직임에 반응이 일어나는 미디어아트의 예라 할 수 있다. 이에 반하여 뇌파, 심전도, 근전도 등 신체의 일부로부터 생리적인 신호를 감지하는 바이오메트릭 센서(biometric sensor)의 경우 아직 국내에서 적극적으로 작품에 적용 시킨 사례가 많지 않다. 바이오메트릭 센서의 사용은 직접적으로 신체의 정보를 활용한다는 측면에서 의미가 있다. 또한 신체의 움직임이 없을 때에도 신체의 상황에 따라 변화하는 데이터를 추출하여 이를 미디어아트에 반영할 수 있기 때문에 기존의 카메라 기반 영상인식을 하는 미디어아트와는 표현이나 의미 측면에서 다른 방향성을 제시할 수 있을 것으로 보인다.

본 연구는 미디어아트의 인터미디어적인 요소들에 중점을 두고 미디어아트에서 주목하고 있는 바이오메트릭 센서를 이용한 미디어아트 작품을 제작하여 향후 생체 데이터를 이용한 미디어아트의 적용 가능성과 미학적 방향성을 모색해 보고자 한다.

1.2 연구방법

국내의 미디어아트에서 다양한 센서들의 사용은 일반적이며 점점 사용의 범위도 다양해지고 있다. 이러한 시점에서 그 동안 적용이 많지 않았던 바이오메트릭센서와 미디어아트의 접점 연구를 통해 타 센서와는 차별적인 고유한 생체데이터를 이용한 작품을 제작한다. 특히 EEG를 활용한 비가시적인 뇌파의 변화를 빛이라는 매체를 통해 물리적인 공간에서의 변화를 만들어 냄으로써 퍼포머 또는 관람자가 특별한 제스처 없이 공간과 자신을 인식하도록 한다. 연구는 현재 미디어아트 기술에 활용 가능한 바이오메트릭센서의 정의와 종류 등을 파악하고, 관련 기술을 활용해 진행된 미디어아트 연구 사례를 소개한다. 특히 EEG(뇌전도)를 중심으로 제작된 작품들을 분석한 후에 작품 제작에 적합한 콘텐츠의 미학적 특성을 도출하고 직접 작품 제작에 적용한다.

2. 이론적 배경과 선행 연구

2.1 바이오메트릭 센서의 정의와 종류

바이오메트릭 센서(biometric sensor)는 생체 데이터 신호를 측정하고 데이터화 시킬 수 있는 센서라 정의할 수 있다. 대표적으로 심전도(ECG) 센서, 근전도(EMG) 센서, 뇌전도(EEG) 센서 등이 있는데 본래 의학적 용도로 사용되던 장비들이 최근에는 상업화 되어 컴퓨터와 연동이 가능한 모듈 또는 인터페이스로 제작되고 있다.



[그림 1] 바이오메트릭 센서들 - 아두이노와 라스베리파이를 위한 이헬스(e-Health) 센서 플랫폼 v2.0

[Fig. 1] Biometric sensors - e-Health Sensor Platform V2.0 for Arduino and Raspberry Pi

2.1.1 심전도(ECG) 센서

심전도(electrocardiogram, ECG)는 정해진 시간에 심장의 전기적 활동을 해석하는 것이다[3]. 심전도는 피부에 부착된 전극과 신체 외부의 장비에 의해 기록된다. 기록은 몸에 침투하지 않는 장비로 만들어지며 이 과정에 대한 용어를 심전도라고 한다[3]. 즉 심전도 기록은 심장의 전기적 활동에 대한 기록이다. 심전도는 심장박동의 비율과 일정함을 측정하는데 사용할 뿐만 아니라, 심장의 크기와 위치, 심장 손상 여부, 그리고 심박조율기와 같이 심장을 조절하는 장치나 약의 효과를 보기 위해 사용된다.

2.1.2 근전도(EMG) 센서

근전도(electromyography, EMG)는 골격근에서 발생하는 전기적인 신호를 측정하고 기록하는 것이

다. EMG는 근전도검사기(electromyograph)라는 장치를 통해 측정한다. 근전도검사기는 근육 세포가 전기적으로 혹은 신경적으로 활성화될 때 발생하는 전기적인 전위차를 감지한다. 이 신호는 의학적인 비정상 혹은 활성 정도 등의 측정이나 인간 혹은 동물의 행동에 대한 바이오메카닉스 분석에 활용될 수 있다.

2.1.3 뇌전도(EEG) 센서

뇌전도(electroencephalography, EEG)는 뇌신경 사이에 신호가 전파되며 생기는 전기의 흐름이라 할 수 있다. 신체의 상태에 따라 뇌파의 패턴은 각각 다르게 나타나며 이를 통해 뇌의 활동 상황을 측정할 수 있다. 뇌가 전기적으로 어떠한 활동을 하는지 두피에 전극을 부착해 신경생리학적으로 측정한다. 뇌전도를 이용해 신경과학자들은 사람이나 동물이 실험 중 통제된 행동을 수행하는 동안 뇌파를 측정해 뇌의 기능을 연구한다. 수면에 관한 이론은 종종 잠든 동안 뇌전도 패턴을 바탕으로 한다.

2.2 뇌파와 브레인 컴퓨터 인터페이스 (Brain Computer Interface : BCI)

2.2.1 뇌파의 종류

뇌파는 뇌의 전두엽과 측두엽에서 측정된다. 전두엽은 주로 집중력과 판단력을 통제하는 기능을 하는 부분이고 측두엽은 청각과 언어능력을 통제하는 기능을 가지는 부분이다. 뇌파는 크게 델타, 세타, 알파, 베타, 감마파 등 다섯 종류로 나눌 수 있고 [표 1]과 같은 특성을 지닌다[3].

[표 1] 뇌파의 종류

[Table 1] Types of Brain Wave

뇌파의 유형	주파수대역(Hz)	진폭	상태 특징
델타파(δ wave)	0.2~4Hz	20~200 μV	정상인의 수면상태나 신생아
세타파(θ wave)	4~8Hz	20~100 μV	정서적으로 안정된 상태나 수면에 빠지기 전
알파파(α wave)	8~13Hz	20~60 μV	긴장이 이완된 편안한 상태에서 나타나며 안정된 상태 일수록 진폭이 증가
베타파(β wave)	13~30Hz	2~20 μV	깨어 있거나 의식적인 활동 상태
감마파(γ wave)	30~50Hz	2~20 μV	흥분했을 때

2.2.2 브레인 컴퓨터 인터페이스

브레인 컴퓨터 인터페이스(Brain Computer Interface 또는 BCI)는 인간의 뇌와 컴퓨터를 직접적으로 연결해 뇌파를 통해 컴퓨터를 컨트롤하는 인터페이스에 관련된 기술이라 할 수 있다. BCI 기술은 한편으로는 HCI(Human Computer Interface)의 일부라 할 수 있지만, 뇌파를 통해 로봇이나 기계

를 조작할 수도 있다는 점에서 BMI(Brain Machine Interface)라고 불리기도 한다. BCI 기술을 구현하기 위해서는 뇌파의 전기적 자극을 인식하는 장치를 사용해 뇌파를 추출하고, 시그널프로세싱 과정을 거쳐 뇌파를 분석하여 입출력 장치를 통해 명령을 내리게 된다[4][5].

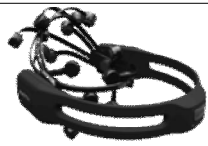
BCI 시스템은 뇌파 측정기기를 통해 특정 상태의 뇌파 신호를 측정해 특이점이나 특징을 추출하고, 이를 분류해 일반적인 제어 신호로 변환해 컴퓨터나 기기등을 제어하는 역할을 한다. 먼저 사용자의 머리 부분에 전극을 부착한 후 뇌파 데이터를 측정 기기를 이용해 측정한 후 측정된 뇌파 데이터는 AD 컨버터를 거쳐 디지털 신호로 전환되어 컴퓨터로 입력된다. 입력된 뇌파데이터를 각종 알고리즘을 이용해 적당히 신호처리를 한 후 이를 인식, 분류해 제어신호로 일반화시킨다. 최종 출력 신호는 컴퓨터, 게임기, 의료기기등 각종 단말기기에 응용되어 사용된다[4][5].

2.2.3 뇌파 헤드셋

기존의 뇌파실험에 이용되었던 측정 장비들은 비교적 정교하고 정확한 측정이 가능하다는 장점이 있지만 가격이 비싸고 부피가 크다는 단점 때문에 미디어아트를 위한 개인용 장비로 사용하기에는 무리가 있다. 하지만 최근 몇 년간 간단한 형태의 헤드셋형 뇌파 측정 인터페이스들이 출시되며 이러한 단점을 보완하여 더욱 실험적이고 다양한 접근이 가능하게 되었다[6-8]. 아래의 [표 2]는 대표적 헤드셋형 인터페이스의 종류이다.

[표 2] BCI를 위한 뇌파 헤드셋 예시

[Table 2] BCI Headsets Examples

종류 (회사명)	이미지	특징
MindWave (NeuroSky)		1채널을 가지고 있으며 블루투스 무선 접속이 지원되고 가벼우며 응용 애플리케이션 제공됨[6].
Emotiv (EPOC)		16개의 센서를 가지고 있고 무선연결이 가능하며 표정변화와 30여개의 의도 및 감정을 인식함[7].
OCZ (NIA)		헤드 밴드 형태를 가지며 근육과 눈의 움직임도 측정하며 기존 PC게임들에 적용 가능함[8].

본 연구에서는 뉴로스카이(Neurosky)의 마인드웨이브(Mind Wave)를 활용하여 연구를 진행하였다. 장치는 전면의 센서팁을 접지로 하여 전전두엽 좌반구 쪽 뇌파를 잡고 귀 클립(ear clip)을 통해 참조값 측정이 가능하다. 또한 애플리케이션 프로그래밍 인터페이스(API)를 제공하여 뇌파 데이터를 이용한 소프트웨어 개발이 가능하다. API를 통해 단채널로 원시 데이터 및 안구의 움직임 데이터를 기반으로 하는 명상값(meditation, alpha)과 각성값(attention, beta) 등을 받을 수 있다[6].

뇌파헤드셋의 경우 센서를 직접 두피에 시술하지 않는 비침습형(Non-Invasive)방식으로 컴퓨터의 인터페이스 수단으로서 장단점을 모두 지니고 있다. 장점으로는 fMRI와 같은 대형 장치에 비해 측정 비용이 저렴하고, 비침습형 방식이기 때문에 인체에 무해하며, 뇌내의 정보 반응에 대한 실시간 분석이 가능하다는 점이다. 단점으로는 잡파의 혼입이 불가피하고 정보의 손실이 있어 분석하는데 어려움이 있다.

2.3 선행 연구

생체데이터 측정 시스템의 경우 의료를 주목적으로 개발되어오다 1990년대 중반 이후 많은 뉴미디어 아티스트들이 의학적, 군사적 목적의 생체 기반 연구들로부터 얻어진 웨어러블 컴퓨터(wearable computer)나 센서 기술을 신체와 환경을 이어주는 전자적 인터페이스로 적용하기 위해 실험하기 시작하였다[9]. 최근에는 간편한 형식의 모듈이나 상업화된 인터페이스로 접근성 및 응용이 더욱 용이해 졌다.

이러한 동향을 보여주는 작품 제작 사례를 살펴보자면, 송은성 등은 생체데이터 시스템을 통한 미디어아트 작품을 연구, 제작하였으며 특히 뇌파데이터를 이용하여 관람자 개개인의 데이터에 의해 이미지와 사운드가 생성되는 작업을 진행했다[10]. 작품에서는 관람객의 감성에 따라 실시간으로 표현이 가능하게 되어 순간의 감정을 교감하고 교류하도록 했다. 기존의 대부분의 작품 및 연구가 완성된 사운드와 이미지를 데이터에 따라 변형시켰다면 이 연구의 경우 개인의 데이터에 의해 이미지 및 사운드가 생성된다는 것에 초점이 맞추어져 있다. 그러나 결과적인 표현에 있어 이미지와 사운드라는 틀에서 확장되거나 발전 되지는 않았다. 이들의 연구는 이후 손 등의 신체를 이용하지 않고 그림을 그리거나 음악을 만드는 예술을 생성하는 시스템 연구로 연결되어 신체적 장애로 인해 예술적 활동이 힘든 장애인들이 예술적 표현에 활용할 수 있는 가능성 제시하는 것으로 발전되었다[11].

최수환[12]은 공연예술과 디지털 미디어아트를 융합시킨 다원예술로서의 인터미디어 퍼포먼스에 관심을 두고 연구를 진행했다. 그는 컴퓨터 음악과 인터랙티브 미디어아트 분야의 피지컬 인터페이스에 대해 다양한 실험을 진행했고, OpenEEG 모듈을 기반으로 <j-th time> 공연에 EEG를 사용하였다. 또한 <j-th time>공연에서는 근전도(EMG) 신호도 활용하여 실시간 영상 및 사운드 합성에 사

용하였다. 배우들이 착용한 센서는 블루투스 모듈을 통해 무선으로 근전도 신호를 근(뇌)전도 분석 프로그램(BrainBay)에 전송하고, MIDI, OSC 등의 멀티미디어 프로토콜을 통해 사운드 합성(SuperCollider)와 이미지 합성(Processing) 프로그램으로 신호가 전달되도록 했다. 그는 이러한 과정을 통해 생체 데이터를 바탕으로 작품 제작에 있어 공연에 사용될 영상 디자인, 사운드 디자인 등 다양한 분야의 섬세한 선행 연구가 필요하며 또한 테크놀로지는 공연에 자연스럽게 반영되도록 설계해야함의 중요성과 네러티브의 진행을 방해하지 않아야 함을 지적한다.

김종현 등의 연구는 뇌파데이터의 수치를 응용프로그램에 적용하여 사람의 단순 의지만으로 조절이 가능하고, 실시간으로 제어 가능한 멀티미디어 콘텐츠를 제작하는 것을 목표로 한다. 조작의 편의성과 반응의 일관성 그리고 직관성 이라는 세 가지 조건을 전제로 뇌파 데이터를 검출하고, 이를 안정과 분산이라는 심신 상태로 분류한 후 이미지와 사운드에 적용하였다[13]. 이러한 연구들은 일찍이 뇌파 신호 데이터를 지속적인 반응 상태에 대한 인터랙티브 영상 또는 콘텐츠로 제작하는데 활용하고자 한 홍성대 등의 연구와 같은 맥락을 띤다[14].

3. <마음챙김 (Mindfulness)> 작품 제작

앞서 선행연구에서 기존의 뇌파를 활용한 미디어아트 작품들은 대부분 신체 데이터에 매핑 가능한 사운드와 영상 콘텐츠의 상호 작용적 결합과 조절이 많았음을 알 수 있었다. 이와 차별적으로 본 연구에서는 좀 더 직관적으로 관객과 상호작용이 이루어지는 공간적 상황을 제안해 보고자 했다. 이를 위해 관람자가 공간을 인식하는 측면에 초점을 두고, 스크린으로 보이는 가상의 영상 콘텐츠를 사용하기 보다는 실재하는 물리적 조명을 활용했다. 더불어 공간의 양감을 느낄 수 있는 엠비언스 사운드의 믹싱을 통해 그 효과를 얻고자 했다.

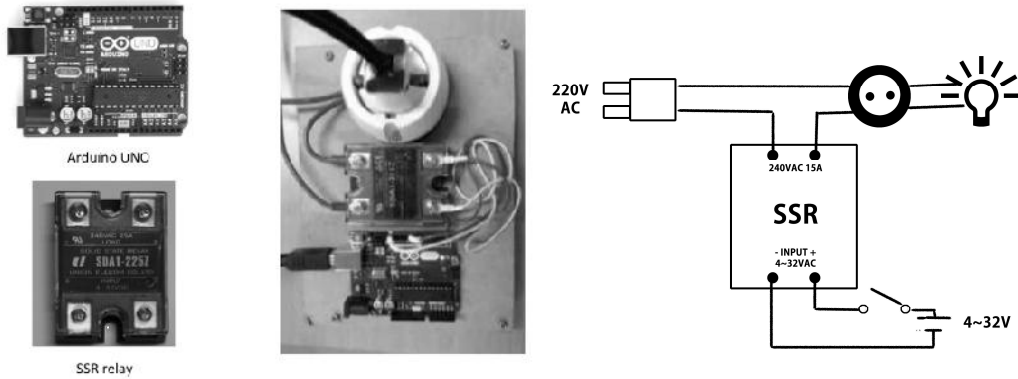
3.1 기획의도

<마음 챙김(Mindfulness)>은 뇌파라는 비가시적인 데이터를 활용해 시각적인 움직임이 부재한 상황에서 사물과 빛이 물리적인 공간에서 실제적인 변화를 만들어 냄으로써 퍼포머 또는 관람자가 공간과 자신을 인식하도록 해 순간의 사유를 가능하도록 기획되었다. 이는 개인에 대한 확신의 부재와 복잡하고 불안함의 연속인 삶의 공간에서 개인만을 위한, 개인만의 데이터를 통한 생각의 공간을 빛과 소리의 양감을 통해 일시적으로 제공하여 자신이 그곳에 있음을 자각하고 자신의 마음을 다스리도록 하고자하는 의도에서 출발한다.

3.2 하드웨어 제작

하드웨어의 구성은 크게 릴레이, 마이크로컨트롤러(MCU), 전구로 구성되어 있다. 본 작품 제작

에서는 교육과 미디어아트에 많이 활용되는 아두이노를 사용하여 마인드웨이브로 받은 신호가 메인 컴퓨터에 전달 가능하도록 했다. 뇌파의 값에 따라 소리 크기를 제어하였고, 아두이노와 연결된 릴레이를 사용해 전구의 빛을 제어하도록 설계했다. 이는 5V로 제어 가능한 아두이노와 연동시키기 위해 4~32V까지 컨트롤이 가능한 릴레이를 사용하여 220V를 ON/OFF 하는 방식으로 30W 백열 전구를 컨트롤 하였다.



[그림 2] 좌: <마음챙김 (Mindfulness)>의 하드웨어 구성, 우: 릴레이 구성

[Fig. 2] Left: Hardware configuration for <Mindfulness>, Right: Relay configuration

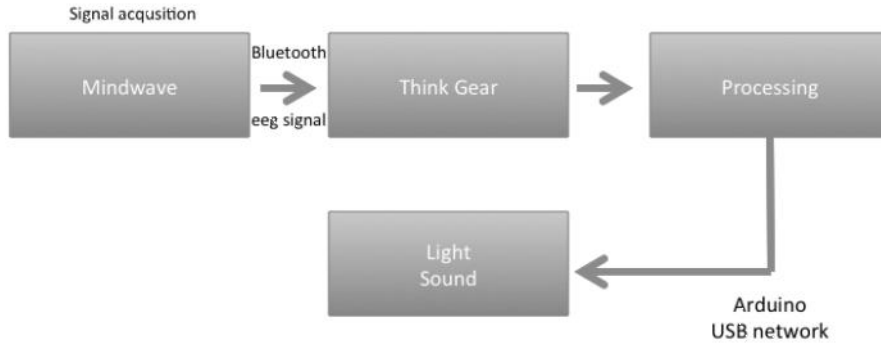
3.3 사운드 제작

앞선 선행연구에서는 뇌파 데이터를 활용해 사운드와 스크린 기반의 영상 콘텐츠의 움직임 제어에 집중하는 경우가 많았다. 이에 대한 차별로서, 본 작품에서는 관람객의 공간 인식에 초점을 두고 사운드를 제작 했다. 내러티브를 가지거나 공간을 압도하는 사운드 보다 공간의 양감을 충분히 느낄 수 있는 사운드를 제작하기 위해 앰비언트 사운드(ambient sound)의 믹싱을 진행했다. 다양한 공간의 룸 톤(room tone)의 믹싱을 통해 공간을 압도하거나 전환하기 보단 배경으로서 충실히 공간을 느낄 수 있는 사운드를 제작 했다.

3.4 시스템 구성 및 프로그래밍

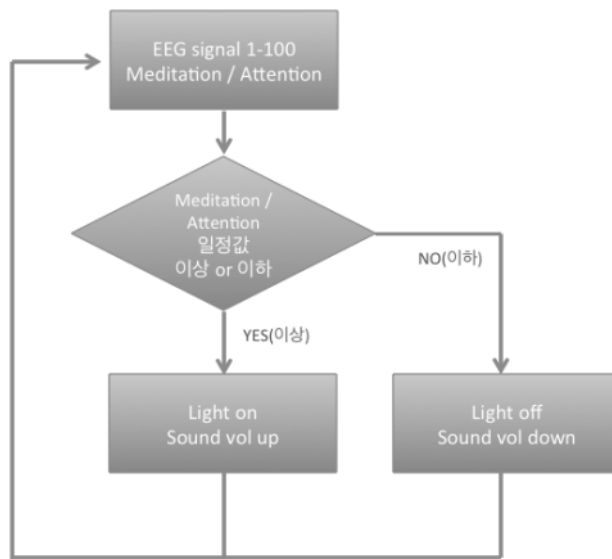
구성에서 주요한 시스템으로 BCI는 인간의 뇌와 컴퓨터를 직접적으로 연결하여, 뇌파를 통해 컴퓨터가 제어되는 인터페이스이다. 이를 위해 뇌파 신호를 감지하는 장치를 통해 뇌파를 추출하고, 시그널 프로세싱을 거쳐 뇌파의 상태를 분석하여, 이에 상응하는 조작을 명령한다. 본 작품에서는 블루투스(Bluetooth)로 연결된 마인드웨이브를 통해 뇌파신호를 받고 씹크기어(Thinkgear)를 통해 프

로세싱(Processing)코드와 연동이 되어 사운드와 전구가 제어된다. 간편한 제작을 위해 뇌파 헤드셋을 활용하여 뇌파데이터를 받고 그 데이터 중에 명상 값을 추출해 전구를 제어하고 베타파에 영향을 받는 각성 값은 공간 엠비언스 사운드를 제어하도록 소프트웨어를 설계 했다. 전체 값 100에서 50을 기준으로 하여 50이상이면 불이 켜지거나 소리가 켜지게 프로그래밍 하였다. 또한 아두이노와 연동시켜 물리적인 변화가 일어 날 수 있게 하였다.



[그림 3] <마음챙김 (Mindfulness)>의 시스템 구성

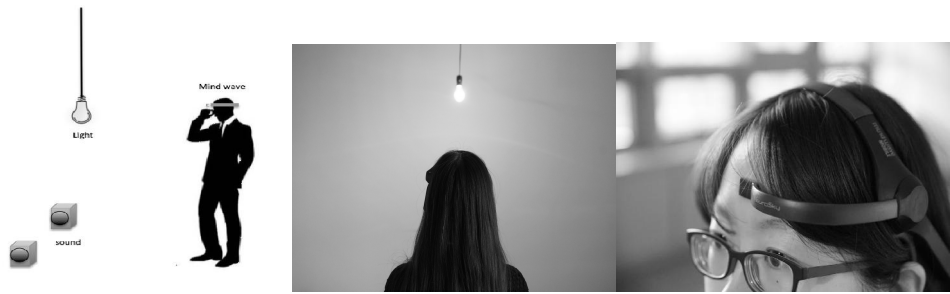
[Fig. 3] System configuration for <Mindfulness>



[그림 4] <마음챙김 (Mindfulness)>의 프로그래밍 순서도

[Fig. 4] Programming Flow Chart For <Mindfulness>

3.5 설치 및 전시



[그림 5] 좌: 설치 레이아웃, 중간 및 우: <마음챙김 (Mindfulness)> 2014 전시장면

[Fig. 5] Left: Exhibition Layout, Center & Right: <Mindfulness> 2014 Exhibition view

본 작품은 기존의 EEG를 활용한 작품이 이미지 또는 사운드 생성에 치중한 것에 반해 공간이라는 의미를 첨가시켰다. 전시 설치는 비교적 개방된 공간에 관객의 유동적 흐름이 큰 곳에 설치되었다. 전시장의 중앙 전면에 백열전구가 천장에서 아래로 매달려 있고, 그 앞에 하나의 의자가 놓여 있다. 주위로 스피커가 설치되어 뇌파에 반응하도록 하였다.

전시 결과 오픈된 공간의 특성상, 관람자는 완벽히 몰입되거나 사운드에 대한 양감을 충분히 느끼지는 못하였다. 그러나 자신의 뇌파데이터를 이용해 평소 친근한 사물인 조명등을 켜고 끌 수 있다는 점에서 큰 흥미를 보였다. 즉, 뇌파라는 비가시적 데이터가 신체적 움직임을 특별히 필요로 하지 않는 명상과 사유의 상황에서 주변의 공간과 사물과 서로 교감할 수 있게 한 점은 많은 호응을 받았다. 이는 향후 뇌파를 활용한 미디어아트 제작에 있어 미학적으로 고려해볼 만한 부분으로 발견된다.

4. 결론

기존의 많은 미디어아트 작품에서 사람의 위치나 신체의 시각적 움직임을 통한 데이터 정보를 가지고 상호작용 작업을 진행했다. 이러한 결과로 작품에 대한 사람의 역할이 마치 스위치처럼 단순히 데이터를 입력시키는 역할에 그쳤다. 이와 달리 생체데이터는 개인의 실시간 피드백을 통해 관람객의 유일한 정보를 받을 수 있고 이는 작품 표현에도 반영된다. 본 연구에서는 다양한 바이오메트릭 센서 중 EEG에 중점을 두고 브레인 컴퓨터 인터페이스를 활용한 작품 제작을 함에 있어 기존의 사운드와 평면적 영상 콘텐츠의 변화가 아닌 물리적 사물과 관람자, 공간 전체의 몰입적 상황을 구현하고자 시도했다는 점에서 그 의의가 있다. 또한 비가시적인 데이터와 시각적인 움직임이 부재한 상황 속에서, 빛을 통한 물리적인 공간에서의 실제적인 변화를 만들어 냄으로서 퍼포

며 또는 관람자가 공간과 자신을 인식하도록 하고 순간의 사유를 가능하게 했다.

바이오메트릭센서의 인간 친화적이며 완벽히 개인화된 실시간 정보를 가지고 다양하게 적용이 가능하다. EEG의 경우 기존의 모션 인식 인터페이스들이 신체를 통한 움직임에 의해 제어 및 작동이 가능했던데 비해 신체의 움직임을 이용하지 않고도 자연스럽게 명령을 내릴 수 있어 가상현실 및 장애를 가진 사람들의 확장 가능한 표현을 가능하게 한다. 또한 모션센서를 비롯한 다양한 센서 인터페이스 기술과 함께 혼합되어, 향후 오감을 활용하는 융합형 상호작용 인터페이스로 발전시켜 활용이 가능할 것이다. 이로써 BCI는 전시 구성 및 작품 제작, 어린이 교육 및 놀이, 퍼포먼스 등 다양한 분야의 연구에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대한다.

제작의 과정 중 연구에서 아쉬움이 남는 것은 보다 정확하고 세밀한 뇌파 데이터의 조절이 필요하다는 점이었다. 뇌파 헤드셋이 가진 노이즈의 해결을 통해 좀 더 신뢰성 있는 데이터의 수집이 필요해 보인다.

References

- [1] <http://www.smoothware.com/danny/>, Retrieved: Nov 1 (2018).
- [2] <http://everyware.kr/home/portfolio/cloud-pink/>, Retrieved: Nov 1 (2018).
- [3] G. Y. Cho, "Research on a Method for Efficient u-Healthcare Data Transmission in M2M Environment" *Journal of Digital Convergence*, Vol. 12, No. 4, (2014), pp. 251-257.
- [4] T. W. Eum and E. S. Kim, "EEG-based Brain Computer Interface Technology.", *Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, Vol. 22, No. 2, (2004), pp. 5-19.
- [5] G. Schalk, D.J. Mcfarland, T. Hinterberger, N. Birbaumer, and J.R, "Wolpaw. BCI2000: A General-purpose Brain-computer Interface (BCI) System", *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on* 51, No. 6, (2004) 1034-043.
- [6] <http://neurosky.com/>, Retrieved: June 25, (2018).
- [7] <https://www.emotiv.com/>, Retrieved: June 25, (2018).
- [8] [https://www.eyecomtec.com/3403-OCZ-Neural-Impulse-Activator-\(NIA\)](https://www.eyecomtec.com/3403-OCZ-Neural-Impulse-Activator-(NIA)), Retrieved: June 25, (2018).
- [9] H. G. Yeom, I. H. Jang and K. B. Sim, "EEG Signals Measurement and Analysis Method for Brain-Computer Interface" *Proceedings of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 18, No. 1, (2008), pp. 147-150.
- [10] E. S. Song, H. R. Rhee, "A Study on Bio-sensing systems for Interactive Media arts : Mainly with Sound and Image generation System by Brainwave", *Journal of Digital Design.*, Vol.13, No.1, (2013), pp. 25-33.
- [11] E. S. Song, H. R. Rhee, "Studies on Interactive Media Art for the Differently Abled Children using Brain-Wave Signals.", *Proceedings of Korea Digital Design Council.* (2013), pp. 77-78.
- [12] S. W. Che, S. S. Lee, "A Study on the Technique for the Interactive Performance Using EMG Sensors. *Proceedings of HCI Korea.* (2010), pp. 605-607.
- [13] J. H. Kim, J. Kim, "Interactive Multimedia System Using Brain Waves.", *Graduate School of Image and Contents. Dongguk University*, (2014).
- [14] S. D. Hong, J. S. Seo, J. W. Park, "A study on the interactive motion graphic that reacts upon the EEG signal." *Archives of Design Research*, Vol. 21, No. 1, (2008), pp. 177-186.