

석 사 학 위 논 문

뇌파와 모션 디텍션을 이용한

멀티미디어 음악제작 연구

(멀티미디어음악작품 <Parallel lines>을 중심으로)

지도교수 김 준

동국대학교 영상대학원

멀티미디어학과 컴퓨터음악전공

김 종 현

2 0 1 0

석사학위논문

뇌파와 모션 디텍션을 이용한
멀티미디어음악제작 연구

(멀티미디어음악작품 <Parallel lines>을 중심으로)

김종헌

지도교수 김 준

이 논문을 석사학위논문으로 제출함.

2010년 1 월 일

김종헌의 음악석사학위(컴퓨터음악전공) 논문을 인준함.

2010년 1 월 일

위원장: 엄기현 (인)

위원: 윤승현 (인)

위원: 김준 (인)

동국대학교 영상대학원

목 차

I. 서론	1
1. 멀티미디어 기술의 발전과 예술적 표현	1
2. 사례연구	3
II. 뇌파와 모션 디텍션 기술에 의한 예술적 접근	5
1. 작품의 내용	5
1) 작품의 의도와 내용	5
2) 작품의 내용에 의한 기술적 관계	6
3) 무대와 시스템 구성	7
4) 음악의 구성	9
5) 작품의 구성	11
2. 뇌파센서와 모션 디텍션의 기술적 연구	13
1) 뇌파센서의 기술적 연구	13
① 뇌파의 이해와 뇌파의 표본검출	13
② 직관적 조절을 위한 뇌파 형태 검출	15
③ Max/MSP에서의 뇌파데이터 활용방안	17
④ 뇌파 데이터를 이용한 사운드의 제어	20
⑤ 뇌파 데이터를 이용한 영상의 제어	23
2) 모션 디텍팅의 기술적 연구	28
① 모션 디텍션의 이해	28
② 모션 디텍션의 기술적 서술	29

③ 모션 디텍션을 적용한 사운드의 제어	36
④ 모션 디텍션을 적용한 영상의 제어	40
3. 작품에서의 기술적용	42
1) 뇌파센서를 이용한 영상과 음향에 적용	42
2) 모션 디텍션을 이용한 영상과 음향에 적용	44
III. 결론	46
참고문헌	48
Abstract	50
부록-1 (첨부 DVD 설명)	52
부록-2 (Max/MSP/Jitter 패치)	53

그림 목 차

[그림-1] 뇌파를 이용해 연주를 하는 Luciana Haill	3
[그림-2] 생활에 반영된 모션 디텍션	4
[그림-3] 작품에서의 생각과 행동의 연관도	5
[그림-4] 생각과 행동의 기술적 관계	6
[그림-5] 무대 구성도	7
[그림-6] 뇌파의 원시 데이터	13
[그림-7] 집중도 100%의 뇌파의 파워 스펙트럼	13
[그림-8] 안정적이고 휴식을 취하고 있는 상태의 원시데이터와 파워 스펙트럼	15
[그림-9] 흥분 자극 상태의 원시 데이터와 원시 데이터와 파워 스펙트럼	16
[그림-10] Max/MSP에서의 뇌파 데이터 packet	17
[그림-11] Max/MSP에서 표현된 원시 데이터	18
[그림-12] Max/MSP에서 범위 조절을 한 원시 데이터	19
[그림-13] 뇌파 데이터에 의해 조절 되는 FM synthesis	20
[그림-14] 인덱스의 증가에 따른 FM의 스펙트럼	21
[그림-15] 뇌파 데이터에 의해 조절되는 영상	23
[그림-16] 뇌파 데이터를 이용한 영상 패치1	24
[그림-17] 뇌파 데이터에 의해 조절되는 영상1	25
[그림-18] 뇌파 데이터를 이용한 영상 패치2	26
[그림-19] 모이고 퍼져가는 영상을 위한 연산	27
[그림-20] 뇌파 데이터에 의해 조절되는 영상2	27
[그림-21] 모션 디텍팅의 부정확성	28
[그림-22] 모션 디텍션을 이용한 사물 인식	29

[그림-23] 영상의 프레임	30
[그림-24] 프레임 차의 기본 원리	31
[그림-25] 움직임이 없을 때의 프레임 차	31
[그림-26] Jitter에서 모션 디텍션 패치	32
[그림-27] 프레임의 차와 절대값	33
[그림-28] 사물의 회색조를 회색으로 변환	34
[그림-29] 사물의 평균 좌표 생성	34
[그림-30] 움직임의 정도에 따른 윤곽선의 점유율	35
[그림-31] Additive Synthesis의 기본적인 원리	36
[그림-32] 가산 합성에서의 oscilloscope와 spectroscope	38
[그림-33] 가산 합성의 음량의 진폭변조에 의한 oscilloscope와 spectroscope	38
[그림-34] 움직임의 정도에 따른 음량 값의 조절	39
[그림-35] 모션 디텍션을 이용한 영상	40
[그림-36] 뇌파를 공연에 적용한 장면	42
[그림-37] 모션 디텍션을 공연에 적용한 장면	43

악 보 목 차

[악보-1] section I,IV의 주 멜로디 선율 -----	10
-------------------------------------	----

표 목 차

[표-1] 시스템 연관 도표 -----	8
[표-2] 음악의 구성 -----	9
[표-3] 작품 구성표 -----	11
[표-4] 뇌파의 종류와 특징 -----	14
[표-5] Additive Synthesis에 사용된 주파수 -----	37

서론

1. 멀티미디어 기술의 발전과 예술적 표현

1849년, 리하르트 바그너(Richard Wagner)¹⁾는 자신의 저서 “미래의 예술 The Artwork of the Future”에서 총체 예술의 개념을 소개하며 음악, 노래, 무용, 시, 시각 예술과 무대 디자인 등 약극의 효과들을 이상적으로 결합하기 위한 이론적 체계 구축의 시도를 해왔다. 이러한 바그너의 시도는 현대 멀티미디어 예술의 근간이 되었고, 20세기에 접어들면서 별개의 분과로 간주되었던 약극의 효과들을 하나의 공연 작품 안에 통합하여 관객들의 작품감상 경험을 강화시키려는 노력이 계속 이어지고 있다. 멀티미디어 예술은 기술의 발전과 더불어 더욱 다양한 시도를 할 수 있게 되었고, 작가들은 기술의 발전으로 인해 표현의 한계를 극복할 수 있게 되었다. 또한 기술의 발전으로 인한 다양한 시도와 표현의 한계 극복은 관객들과의 거리를 좁힐 수 있게 해 주었다. 이처럼 예술적 표현을 위한 다양한 미디어의 접근은 관객과의 소통을 목적으로 하고 있다. 과거 관객이 작가의 의도를 일방적으로 받아들여야 했다면, 현대는 멀티미디어를 통해 관객들에게 공감각적으로 접근하여 작가의 의도와 표현하고자 하는 내용을 관객들에게 쉽게 전달하고, 관객들과의 공감대를 형성하기 위한 시도를 늘려가면서 상호적 관계를 형성해 가고 있다. 멀티미디어 기술의 발전은 공연 예술 문화의 획일적 구성의 변화를 가져왔다. 음악, 노래, 무용, 시, 시각 예술과 무대 디자인 등의 일차적 구성에서 이차적, 삼차적 혹은 그 이상으로 융합되는 구성을 이루어 다차원적 표현이 가능해 졌다. 무용

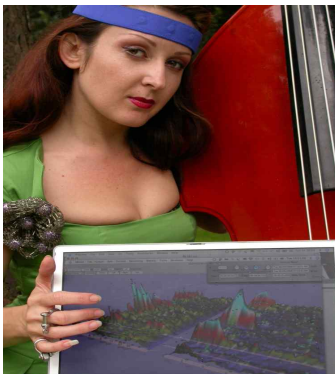
1) 19세기 독일의 작곡가이자 지휘자, 음악이론가, 수필가

수의 움직임이 음악을 연주하고, 그림을 그리게 되고, 연주자의 연주를 통해 영상과 조명을 조절하여 작가가 의도하고 표현하고자 하는 바를 묘사하게 된다. 이처럼 표현의 한계가 점점 줄어들어 따라 작가들은 좀 더 새롭고 다양한 시도를 찾게 되었다. 이처럼 현대의 멀티미디어는 일정한 틀을 가지지 않고 작가의 의도에 따라 다양하게 접목되고 새롭게 접근하고 있다.

본 연구는 다양한 멀티미디어를 이용한 새로운 시도를 통해 작품의 의도를 관객들에게 효과적으로 전달하여 관객들과의 거리를 좁히고, 공감대를 형성하는 것에 목적을 두고 있다. 작품 <Parallel Lines>에서는 인간의 육체 안에 공존하는 생각과 행동의 모습을 서로 다른 객체로 분리하여 생각은 뇌파를 통해 표현하고 행동은 무용수의 몸짓을 통해 표현하고 있다. 생각과 행동이라는 서로 다른 객체의 설정을 관객들에게 효과적으로 표현하기 위해 뇌파와 무용수의 몸짓을 작품에 이용하게 되었고, 이는 작가가 표현하고자 하는 부분과 관객들이 받아들이는 부분의 공감대를 형성하는데 있어 큰 역할을 하게 되었다.

2. 사전연구

본 연구는 뇌파와 모션 디텍션을 이용한 음악과 영상의 제어에 관한 연구이다. 뇌파를 이용해 공연에 접목한 사례는 극히 드물다. 뇌파를 예술에 처음으로 접목한 사람은 [그림-1]에 나와 있는 영국의 뇌파 연구자인 Luciana Haill에 의해 뇌파를 이용한 음악 연주를 한 것이 최초이고, Luciana Haill의 뇌파를 예술에 적극적으로 적용한 사례는 찾아보기 힘들다.



[그림-1] 뇌파를 이용해 연주를 하는 Luciana Haill

뇌파에 대한 연구는 현재 게임, 마우스, 핸드폰 등 다방면으로 이뤄지고 있고, 연구에 따른 실험 데이터들 또한 상당부분 공개가 되어 있는 상태이다. 따라서 본 연구에서는 입증된 뇌파 데이터를 기반으로 뇌파 데이터를 예술적 요소로 사용하기 위한 연구를 하였다.

논문에서 다루고 있는 두 번째 연구 주제는 모션 디텍션이다. 모션 디텍션은 움직이는 물체를 감지하는 것을 말한다. 모션 디텍션은 군사 목적으

로 개발되었지만 현재는 다양한 용도로 사용된다. 모션 디텍션은 카메라를 이용해 측정되며 움직이는 물체, 수량, 위치, 크기 등을 파악하게 된다. 모션 디텍션의 가장 큰 장점은 [그림-2]와 같이 움직이는 물체에 특별한 기기장치의 부착 없이 카메라만으로 측정이 가능하다는 것이다.



[그림-2] 생활에 반영된 모션 디텍션

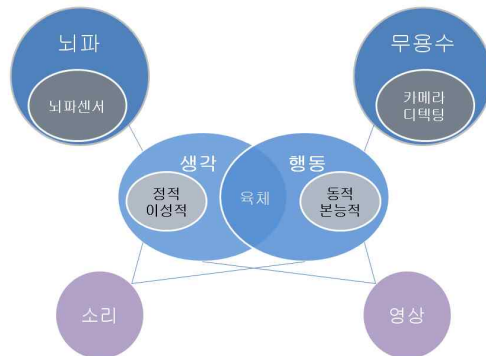
특별한 기기장치의 부착이 필요 없다는 것은 조건과 상황에 따라 의식적인 행동의 요구가 필요 없다는 이점을 준다. 본 논문에서는 무용수의 움직임에 제한을 두지 않고, 무용수의 자유로운 극적 표현에 따른 멀티미디어적 표현에 대한 연구를 하였다. 이 같은 무용수의 자유로운 극적 표현과 멀티미디어를 접목하기 위한 방법으로 모션 디텍션을 이용하였고, 모션 디텍션을 통해 산출된 움직임에 데이터들은 음악과 영상을 제어하기 위해 사용하였다.

II. 뇌파와 모션 디텍션 기술의 예술적 접근

1. 작품의 내용

1) 작품의 의도와 내용

<Parallel lines>에서 표현하려는 것은 인간의 생각과 행동의 이질성이다. 인간은 생각을 통해 행동을 하지만 때론 생각과 상관없는 행동을 하기도 한다.



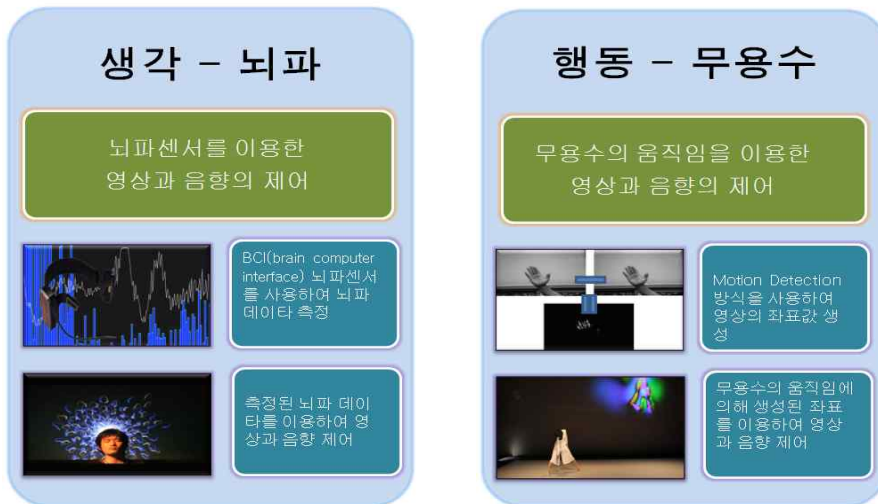
[그림-3] 작품에서의 생각과 행동의 연관도

<Parallel lines>에서는 인간의 본능적이고 충동적인 행동에서 비롯되는 생각과 행동의 이질성을 표현하기 위해 [그림-3]과 같이 생각과 행동을 서로 다른 객체로서 구성하였고, 표현의 수단으로는 뇌파와 무용수의 움직임과 사용하였다. 작품에서 뇌파는 생각이라는 객체를 대신하고 있고,

생각과 점점 멀어져가는 행동이라는 객체를 바라보며 안타까움과 불안함에 대한 감정을 표현한다. 행동이라는 객체는 무용수의 본능적이고 직설적인 행동묘사를 통해 회피와 이탈을 표현하고 있다. 두 객체는 육체라는 틀 안에 공존하지만 성향은 전혀 다르게 표현되어진다. 생각이라는 객체는 정적이고 이성적으로 행동은 동적이고 본능적으로 표현된다. 이러한 생각과 행동의 서로 다른 성향이 육체라는 틀을 벗어남으로 인해 점차 두 객체가 괴리되어가는 모습을 묘사하고자 하는 것이 작품 <Parallel lines>의 의도와 전체적 내용이다.

2) 작품의 내용에 의한 기술적 관계

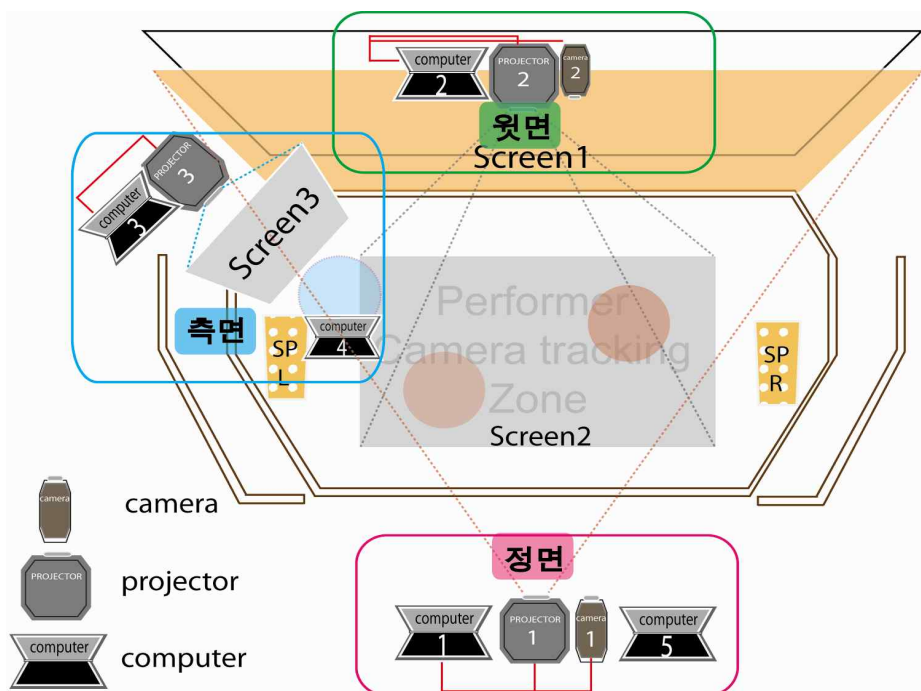
<Parallel lines>에서는 생각과 행동을 서로 다른 객체로 구분하여 두 객체의 감정적 표현을 영상과 음향으로 묘사하였다.



[그림-4] 생각과 행동의 기술적 관계

생각이라는 객체를 표현하기 위한 수단으로 뇌파센서를 사용하였고, 행동이라는 객체를 표현하기 위해 무용수의 움직임에 수단을 사용하였다. 뇌파센서는 헤드셋 형태의 BCI(Brain Computer Interface)²⁾를 사용하여 뇌파를 측정하였고, 측정된 결과 값은 영상과 음향을 제어하기 위해 사용하였다. 모션 디텍션을 통해 무용수의 움직임에서 데이터를 추출하게 되고 추출된 데이터는 영상과 음향을 제어한다.

3) 무대와 시스템 구성



[그림-5] 무대 구성도

2) 뇌파를 측정하기 위한 장치

무대는 [그림-5]과 같이 구성되고, 구성된 시스템은 [표-1]과 같은 연관 관계를 가진다. 무대는 크게 정면, 윗면, 측면 세 부분으로 나누어진다. 정면과 윗면은 무용수의 움직임을 추적하여 영상과 음향을 제어하게 되고, 측면에서는 뇌파센서에 의해 영상과 음향을 제어하게 된다. 뇌파 데이터와 무용수의 움직임에서 나오는 데이터의 유기적 교환 체계를 구축하기 위한 통신 수단으로 OSC(opensoundcontrol)³⁾를 사용하였고 컴퓨터 4는 전체 시스템을 제어하기 위한 서버역할을 하게 된다.

[표-1] 시스템 연관 도표

	주 영상	바닥영상	뇌파영상	뇌파측정 및 컨트롤	사운드
	computer 1	computer 2	computer 3	computer 4	computer 5
camera 1	무용수의 움직임 디텍팅				무용수의 움직임 디텍팅
camera 2		무용수의 머리 디텍팅			
PROJECTOR 1	움직임과 뇌파에 의한 영상 제어			뇌파에 의한 영상제어	
PROJECTOR 2		무용수의 움직임에 의한 영상제어		무용수의 움직임에 의한 영상제어	
PROJECTOR 3			뇌파에 의한 영상제어		

3)미국 CNMAT에서 개발한 통합 멀티미디어 네트워크 기술

4) 음악의 구성

[표-2] 음악의 구성

구성	작품 시간		작품의 내용	음악의 내용	실시간 효과
Section I 동조(同調)	00:00~ 01:06		생각과 행동의 조화	복조성 선율 멜로디	FM 물방울
Section II 탈각(脫殼)	II-1	01:07~ 04:01	생각과 행동의 분리	노이즈 타악기	가산 합성
	II-2	04:01~ 05:59	생각과 행동의 괴리에 의한 갈등	고음역 저음역 노이즈	FM 합성
Section III 평행(平行)	06:00~ 06:29		생각과 행동의 이질적 거리형성	복조성 선율 멜로디	
Section IV 순환(循環)	06:30~ 07:30		반복되는 생각과 행동의 갈등	복조성 선율 멜로디 노이즈	FM 물방울

음악의 구성은 [표-2]와 같이 나눌 수 있다. section I에 나오는 멜로디는 생각과 행동의 조화로운 모습을 표현 한다. [악보-1]의 D-major와 B-major의 다른 스케일을 사용하지만 서로가 잘 융화될 수 있는 복조성의 화음 구조이다. 이와 같은 복조성 화음구조는 section I과 IV에서 사용하게 되는데 section IV에서는 상처입고 나약해진 행동의 모습을 표현

하기 위해 노이즈를 추가하였고 반복되는 삶의 표현을 위해 section I의 멜로디를 반복하였다.

B - Major Motive

D - Major Motive

[악보-1] section I,IV의 주 멜로디 선율

section II부분은 생각과 행동이 분리되는 부분으로서 FM(frequency modulation) 사운드가 주를 이루고 노이즈 사운드를 첨가하여 갈등적 표현을 묘사하였다. section III에서는 생각과 행동이 분리되어 서로 점점 멀어져 가는 모습을 표현한 것이고, 긴박하고 공격적 표현을 위해 타악기를 주로 사용하였다. 본 작품에서 타악기의 기본적 의미는 인간의 심장 고동을 의미하고 도입에서 결말까지 타악기를 사용하여 평화롭고 조화로운 상태에서의 심장 고동과 긴박하고 초조해진 상태에서의 심장 고동 소리를 다른 템포와 강약으로 표현하려 하였다. section II와 III에서는 타악기의 비중이 높아진다. 이는 거친 심장의 고동을 표현하고 있고 거친 심장의 고동은 생각과 행동의 격정적 갈등을 대변한다.

5) 작품의 구성

[표-3] 작품 구성표

구성		Section I 동조(同調)	Section II 탈각(脫殼)		Section III 평행(平行)	Section IV 순환(循環)
시간		00:00~ 01:06	2-1	2-2	06:00~ 06:29	06:30~ 07:30
			01:07~ 04:01	04:01~ 05:59		
작품내용		생각과 행동의 조화	생각과 행동의 분리	생각과 행동의 괴리에 의한 갈등	생각과 행동의 이질적 거리형성	반복되는 생각과 행동의 갈등
사운드		·멜로디	·노이즈 ·타악기	·고음역 ·저음역 ·노이즈	·노이즈 ·멜로디	·멜로디
영상	정면		바람1 /Line	optical /바람2	바람3	바람3
	바닥	물결1	물결2	optical	바람3	바람3
	측면	뇌파에 의한 퍼지고 모이는 영상				
기술	카메라		·행동에 의한 영상제어 ·행동에 의한 사운드 제어			
	뇌파 센서	·물결 영상제어 ·뇌파 영상제어 ·물방울 사운드 제어	·뇌파 영상 제어			

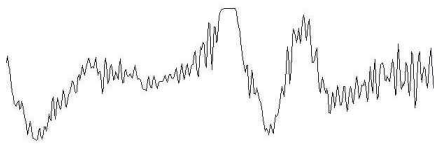
[표-3]은 작품의 전체적 구성표이다. 작품은 총 4 단계로 구성되고 각 단계마다 테마를 가지고 있다. section I 은 생각과 행동이 일치하는 부분으로서 뇌파에 의해 조절되는 음향과 무용수의 움직임에 의해 조절되는 음향이 서로 같은 물방울 소리를 낸다. 이러한 표현은 생각과 행동의 동질성을 의미하고 있다. 바닥에는 물결의 영상이 측면 스크린에는 뇌파를 표현하는 퍼지고 모이는 영상이 영사된다. section II는 생각과 행동의 갈등을 표현하는 부분이고 무용수의 움직임이 주가 되어 진행이 된다. 무용수는 음향과 영상을 모두 조절한다. 무용수의 움직임은 인간의 본능과 욕구를 표현함과 동시에 좌절과 고통도 같이 표현한다. section III는 생각과 행동의 이질적 거리를 형성하는 단계이고, 무용수의 움직임에 의한 노이즈 사운드를 통해 생각과 행동의 거리를 표현하였다. section IV는 반복되는 생각과 행동의 갈등 부분이다. 뇌파와 무용수 모두 물방울 소리를 조절하고 영상은 더 이상 제어되지 않는다. 이 부분은 section I 과 동일한 멜로디로 구성하여 순환의 의미를 가지지만 노이즈의 첨가를 통해 조화롭던 처음의 모습과는 차별을 두었다.

2. 뇌파센서와 모션 디텍션의 기술적 연구

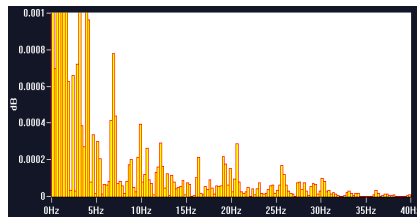
1) 뇌파센서의 기술적 서술⁴⁾

① 뇌파의 이해와 뇌파의 표본검출

뇌파(腦波)란 신경계에서 뇌신경 사이에 신호가 전달될 때 생기는 전기의 흐름을 말하고, 다른 말로 뇌전도(EEG : electroencephalogram)라고 한다. 뇌파는 뇌의 전두엽과 측두엽에서 측정된다. 전두엽은 주로 집중력과 판단력을 통제하는 기능을 하는 부분이고 측두엽은 청각과 언어능력을 통제하는 기능을 가지고 있는 부분이다. 뇌파를 측정하게 되면 [그림-6]과 같이 매우 복잡한 형태의 파형으로 나타나게 되는데 이를 원시 데이터(raw data)⁵⁾라 한다. 원시 데이터를 파워 스펙트럼(power spectrum)⁶⁾ 형태로 구분하면 [그림-7]과 같은 형태로 나타나게 된다.



[그림-6] 뇌파의 원시 데이터



[그림-7] 집중도 100%의 뇌파의 파워 스펙트럼

4) 이 부분은 2009년 한국 공학·예술 학회 학술지에서 김종현, 김준에 의해 발표된 '뇌파센서의 인터랙티브 콘텐츠 제작 연구' 논문을 인용 보안하였다.

5) 각 주파수 별로 분리되지 않은 뇌파의 형태의 데이터

6) 주파수별 진폭을 나타내어 주는 도표

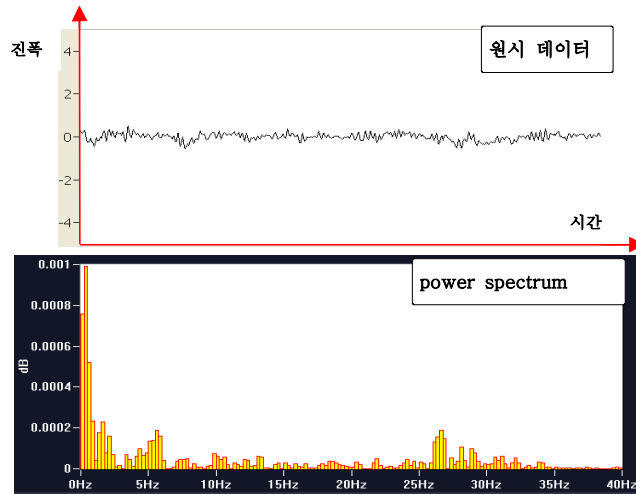
뇌파의 파워 스펙트럼은 주파수별로 구분되어져 있으며 심신의 상태에 따라 각 주파수별로 진폭이 다르게 나타나게 된다. 심신 상태에 따른 각 주파수의 특징은 아래의 [표-4]와 같이 구분된다.

[표-4] 뇌파의 종류와 특징

Type	Frequency(Hz)	Mental Condition
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

심신의 상태에 따른 주파수의 특징과 뇌파 데이터의 표본을 검출하기 위하여 집중력을 테스트하는 실험을 하였고, 실험은 10명(남5, 여5)의 피 실험자를 대상으로 이루어졌다. 집중력 테스트의 실험 결과 집중도가 높아짐에 따라 [그림-7]과 같은 형태의 파워 스펙트럼을 나타내는 결과를 얻을 수 있었다. 파워 스펙트럼을 살펴보면 집중할 때에는 δ (delta)파가 두드러지게 나타나고, 전 구간에서 미세하게 반응하는 것을 볼 수 있다. 하지만 피실험자들의 단순 의지만으로 높은 집중도를 나타내기 위한 조절은 쉽지 않았다. 본 연구에서는 실시간 제어가 가능한 뇌파 데이터를 검출하여 뇌파 데이터를 실제 공연의 제어 요소로 사용한다.

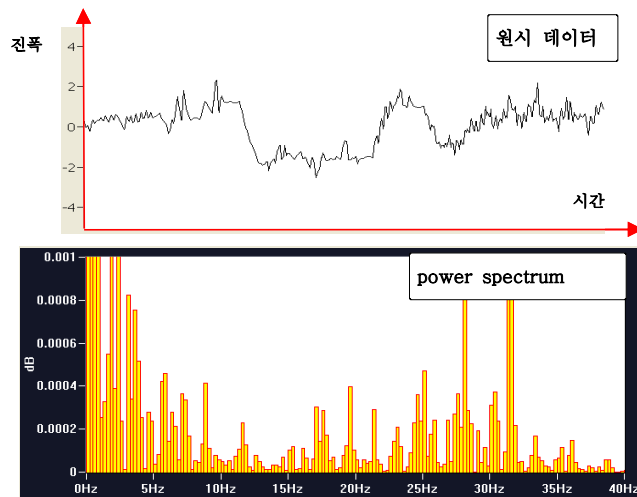
② 직관적 조절을 위한 뇌파 형태 검출



[그림-8] 안정적이고 휴식을 취하고 있는 상태의 원시 데이터와 파워 스펙트럼

[그림-8]은 심적으로 안정적인 상태, 휴식 상태에 있는 피실험자의 뇌파를 측정하여 나타난 원시 데이터와 파워 스펙트럼이다. 이때 원시 데이터의 진폭이 0값에 가까워지는 것을 보이고, 파워 스펙트럼은 δ (delta)파를 제외한 전 구간에서 작은 진폭을 보이고 있다.

아래의 [그림-9]는 흥분과 자극을 부여한 상태이고, 이때의 원시 데이터의 진폭은 커지고, 파워 스펙트럼의 각 주파수 진폭도 커지는 것을 볼 수 있다.

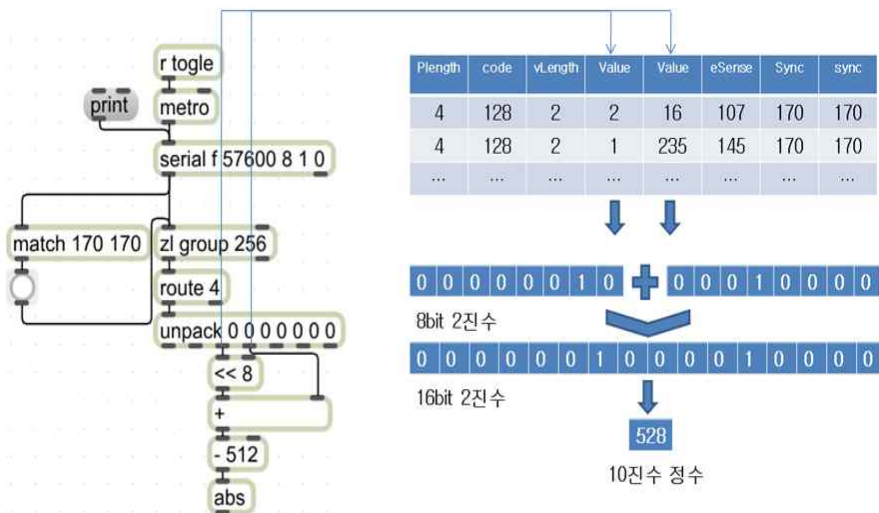


[그림-9] 흥분 자극 상태의 원시 데이터와
원시 데이터와 파워 스펙트럼

실험 결과 [그림-8]과 [그림-9]의 상태인 안정과 흥분 상태는 모든 피실험자의 단순의지만으로 조절이 가능했고, 즉각적인 뇌파의 진폭조절 또한 가능함을 보였다. 하지만 [그림-7]의 집중도를 측정하기 위한 실험에서는 피실험자의 단순의지로 집중도를 높이거나 즉각적인 조절을 하는 것이 쉽지 않았고, 개인차에 따라 오차가 있었다. 따라서 본 연구에서는 의식적 조절과 즉각적 조절이 가능한 [그림-8]과 같은 안정·휴식상태의 원시 데이터와 [그림-9]와 같은 흥분·자극상태의 원시 데이터를 멀티미디어 콘텐츠 제어를 위해 활용한다. 또한 본 논문에서는 [그림-8]과 같이 안정·휴식 상태 다시 말해 0값에 가까워지는 진폭을 갖는 원시 데이터의 상태를 ‘안정’, [그림-9]와 같은 흥분·자극상태 또는 원시 데이터의 진폭이 0값에서 멀어지는 상태를 ‘분산’이라 명명한다.

③ Max/MSP에서의 뇌파데이터 활용방안

뇌파 데이터의 맵핑(mapping) 작업은 Max/MSP⁷⁾에서 진행하였다. Max/MSP를 통해 뇌파의 데이터를 받게 되면 packet으로 된 데이터를 받을 수 있는데 본 연구에서는 이 데이터들 중 원시 데이터만을 사용하였다. packet의 데이터들은 각각 8비트(bit)⁸⁾ 데이터 단위로 구성되어 있고 원시 데이터는 2개의 8비트 데이터가 합쳐진 16비트의 데이터를 사용하고 있다. 1비트는 0과 1을 사용하는 2진수 데이터이고 8비트는 8개의 0과 1의 조합을 이루는 것을 말한다.

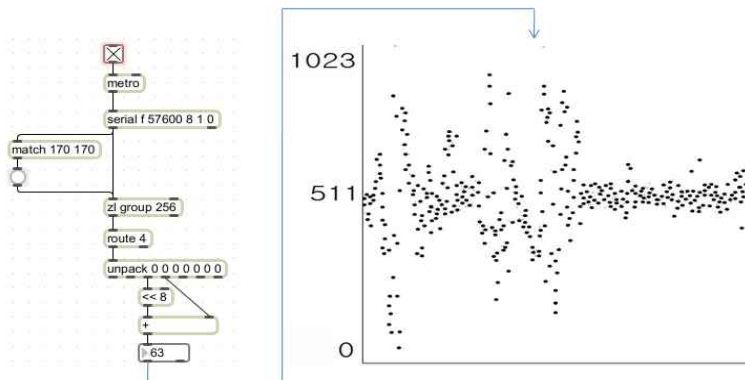


[그림-10] Max/MSP에서의 뇌파 데이터 packet

7) Cycling '74에서 제작한 실시간으로 소리를 제어할 수 있는 응용프로그램

8) 컴퓨터의 정보전달의 최소 단위

serial⁹⁾은 포트 이름, 데이터 처리 속도, 데이터 비트, 정지 비트, 오류 정보 체크 비트로 구성되어 지고, [그림-10]은 f 포트에서 57600baud¹⁰⁾의 속도로 8비트 단위의 뇌파 데이터를 받겠다는 뜻이다. serial을 통해 데이터를 받게 되면 match 170 170을 거치게 되고 데이터의 연속 값이 170 170일 경우 데이터를 리스트로 출력하게 된다. route를 통해 리스트로 들어온 값들을 분배하면 3번과 4번 출력 단자에서 뇌파의 원시 데이터를 얻을 수 있게 된다. 3번 출력 단자에서 나오는 데이터는 2진수의 값을 10진수로 변환하여 나타낸다. 이를 다시 2진수로 변환하여 16비트 2진수로 계산한 뒤, 다시 10진수로 바꾸어 4번 출력 값과 더해주면 원시 데이터를 얻을 수 있게 된다. 8비트의 2진수 데이터를 16진수로 바꾸면 최소 0과 최대 255의 값을 가지게 되고 16비트의 경우는 최소 0, 최대 65535의 값을 가진다. 원시 데이터의 첫 번째 8비트 데이터의 최대 범위가 2 값을 가지기 때문에 2개의 8비트 원시 데이터를 합한 값은 최소 0, 최대 1023 까지 표현 범위를 가진다.

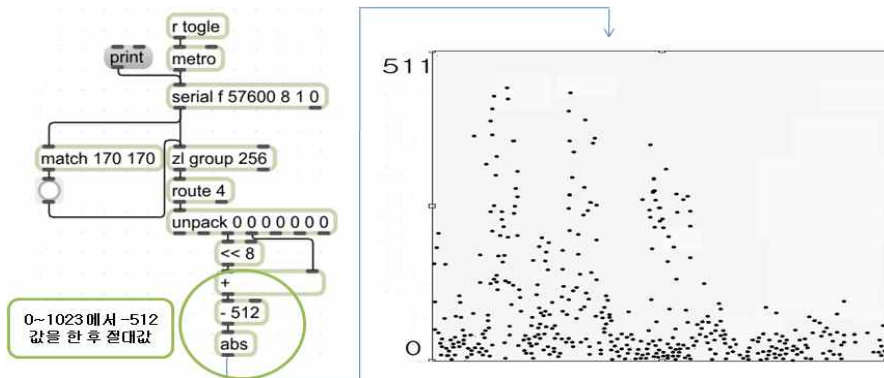


[그림-11] Max/MSP에서 표현된 원시 데이터

9) 컴퓨터의 직렬 입력 방식

10) 데이터 처리 속도 단위

[그림-11]은 Max/MSP에서 원시 데이터를 점으로 표현한 것이다. 그림에서 나타나는 원시 데이터들은 불규칙해 보이지만 511값을 중심으로 값이 증감하고 있다. 511값을 중심으로 좁아지고 멀어지는 것은 뇌파의 각 주파수 대역에서의 진폭이 커지고 작아지는 것과 같다. 결국 Max/MSP에서 원시 데이터가 511값에 가까워지는 것은 ‘안정’과 같고 0값과 1023값에 가까워지는 것은 ‘분산’과 같다.



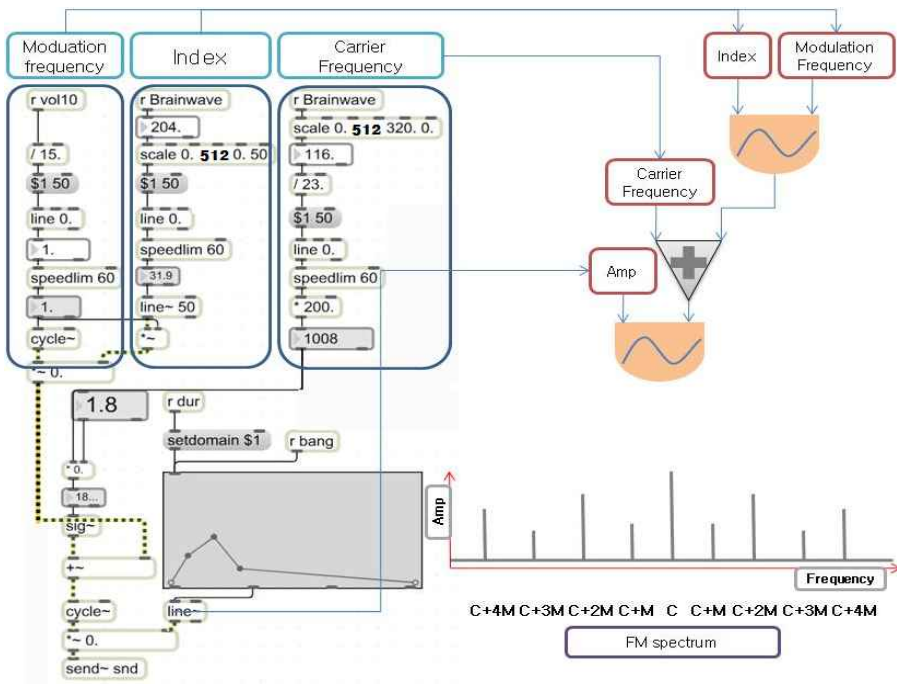
[그림-12] Max/MSP에서 범위 조절을 한 원시 데이터

511값을 중심으로 0값에 가까워지는 것과 1023값에 가까워지는 것이 같은 의미의 값이라면, 원시 데이터의 전체 값에서 511값을 뺀 후 절대값을 취해 얻게 되는 [그림-12]와 같은 0~511값의 범위를 사용하는 것이 가능하다. 본 논문에서는 헤드셋 형태의 BCI를 통해 얻게 되는 원시 데이터의 범위 0~1023값 까지를 [그림-12]와 같이 0~511값의 범위로 조절하여 사용하였다.

④ 뇌파 데이터를 이용한 음향 제어

뇌파 데이터의 검출을 통해 ‘안정’ 상태에서는 0에 ‘분산’ 상태에서는 512에 가까운 값을 가지는 결과를 얻게 되었다. 평상시 상태인 ‘안정’ 상태와 자극과 흥분 상태인 ‘분산’ 상태는 반응에 따른 결과가 뚜렷하고 개인의 의지에 따른 조절이 가능하기 때문에 뇌파를 실시간으로 조절하기 위해 사용하는 것에 문제가 되지 않는다.

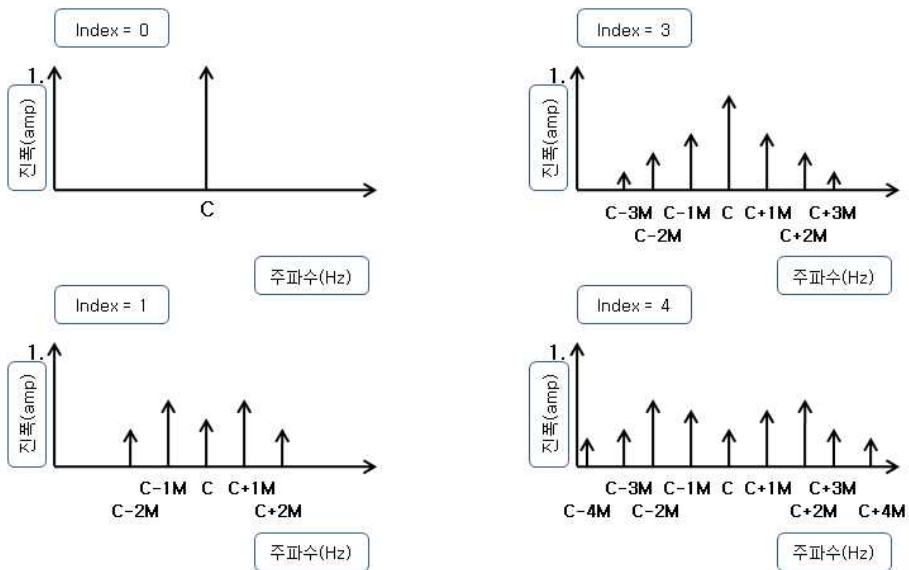
작품에서는 조절이 가능한 뇌파 데이터를 이용하여 음향을 제어하였고, 음향 요소로는 FM Synthesis¹¹⁾방식을 사용하였다.



[그림-13] 뇌파 데이터에 의해 조절 되는 FM synthesis

11) frequency modulation 주파수 변조 합성방식

[그림-13]은 뇌파 데이터를 이용하여 조절하게 될 FM의 패치와 FM의 기본 형태를 나타내는 도표, 배음관계를 보여주고 있는 스펙트럼이다. FM은 주파수(carrier frequency), 변조주파수(modulation frequency), 인덱스(index)로 구성된다. FM은 적은 오실레이터(oscillator)¹²⁾를 사용하여 많은 배음을 생성한다는 장점을 가지고 있다. 주파수를 C 변조주파수를 M이라고 하면 C와 M에 따른 배음 관계는 [그림-13]에서와 같이 C와 M의 정 배수 값의 합 차에 의해 결정된다. 인덱스는 C와 M의 비율에 의해 생성되는 배음의 개수를 결정한다.



[그림-14] 인덱스의 증가에 따른 FM의 스펙트럼

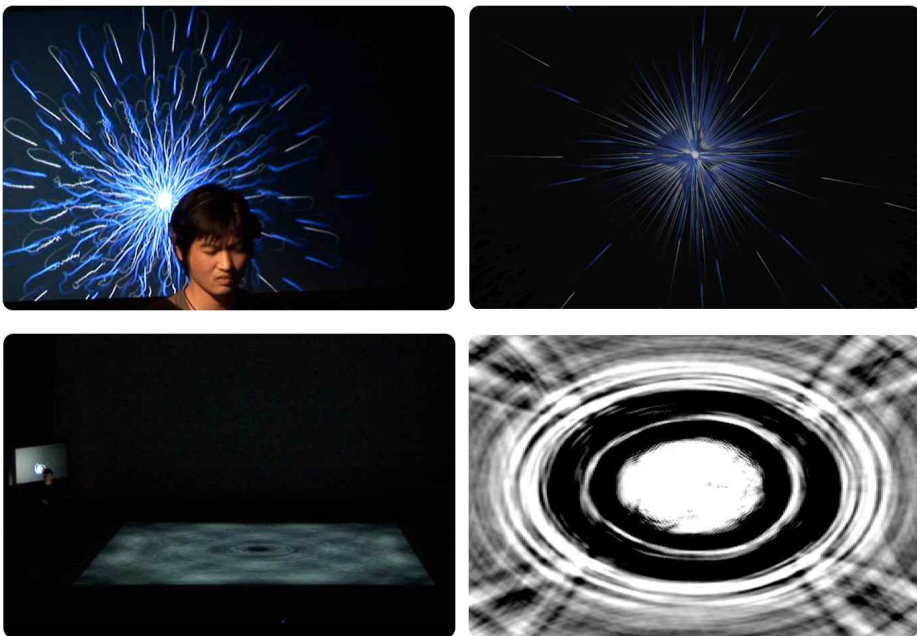
[그림-14]에서 나타나는 것처럼 FM에서 변조주파수는 배음의 간격을 결정하고 인덱스는 배음의 개수를 결정짓는다. 본 논문에서는 뇌파 데이터

12) 발진기라는 뜻을 가지고 있고 본문에서는 음파 발진기의 뜻으로 사용한다.

를 이용하여 FM의 주주파수와 인덱스를 실시간으로 조절 하였다. 0~512 값의 뇌파 데이터를 이용하여 FM의 변수를 조절하기 위해 뇌파 데이터를 적정 범위로 조절하는 작업이 필요했다. FM의 변수 중 실시간으로 조절 되어지는 주주파수와 인덱스의 범위는 0~320, 0~50으로 조절 하였고, 변조주파수의 범위는 0~10사이의 고정 값을 주었다. 뇌파의 상태가 '안정'상태이면 다시 말해 0값에 가까워지게 되면 배음이 적은 저 음역대의 소리가 나게 된다. 뇌파의 상태가 '분산'상태이면 다시 말해 512값에 가까워지게 되면 배음이 많은 중 고음역대의 소리가 나게 된다. 이렇게 생성된 FM의 소리는 새소리와 흡사한 음색을 내게 된다. 이 소리에 딜레이 효과를 주게 되면 물방울 소리와 흡사해 진다. 이렇게 생성된 물방울 소리는 생각과 행동의 조화를 표현하기 위해 뇌파와 모션 디텍션에 모두 사용하였다.

⑤ 뇌파 데이터를 이용한 영상의 제어

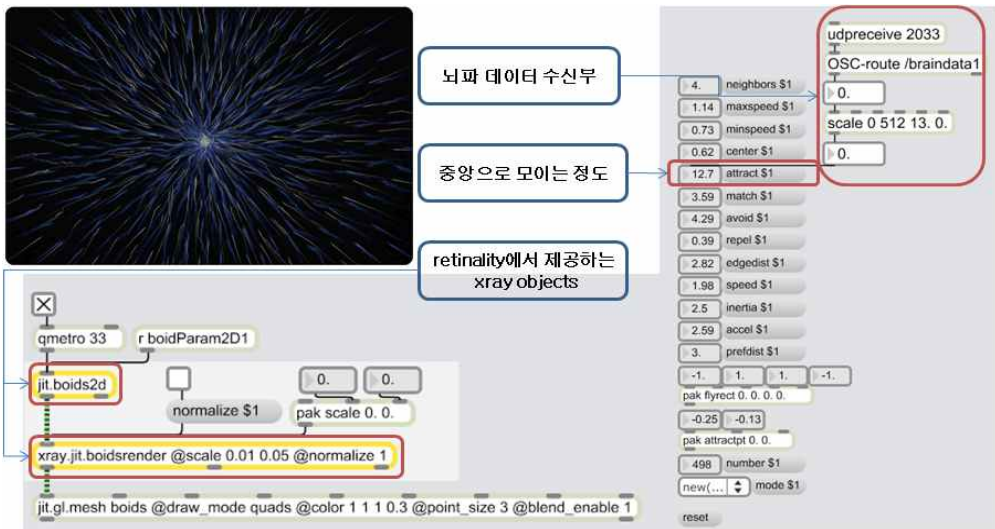
뇌파를 이용해 영상을 제어하기 위해 3가지 고려해야 할 사항이 있다. 첫째는 뇌파가 조절할 수 있는 범위의 정확도이고 둘째는 뇌파의 이미지와 영상이 부합되는지 셋째는 뇌파에 의해 영상이 조절되어지는 것이 관객들에게 쉽게 인지 될 수 있는지 이다. 이 3가지 사항을 고려하여 뇌파의 영상을 원의 주기를 띄는 영상으로 표현하였다.



[그림-15] 뇌파 데이터에 의해 조절되는 영상

[그림-15]는 뇌파 데이터에 의해 작품에서 스크린과 바닥에 영사되는 영상의 장면이다. 뇌파 데이터에 의해 조절되어지는 영상은 ‘안정’ 상태에서 중앙으로 모이게 되고, ‘분산’ 상태에서는 중앙에서 멀어지게 되는 구조를

가지고 있다. 작품에서 영상은 생각과 행동이 일치하는 평화롭고 안정적인 시점과 육체로부터 점점 멀어지는 초조하고 불안정한 시점을 묘사하고 있다. 중앙에 가까워지고 멀어지는 영상은 관객들에게 뇌파의 '안정' 상태와 '분산' 상태를 효과적이면서 직감적으로 전달하기 위해 사용하였다.



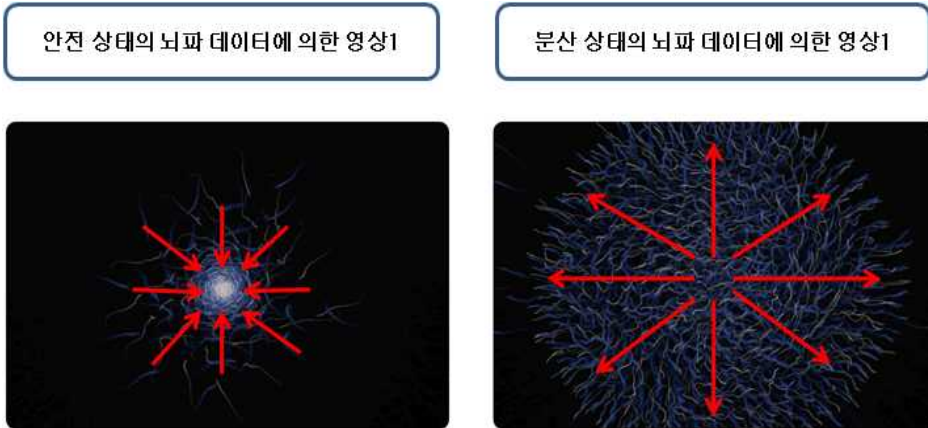
[그림-16] 뇌파 데이터를 이용한 영상 패치1

작품에 사용된 영상은 MAX/MSP와 Jitter¹³⁾를 사용하여 제작하였고, 사용한 영상의 주요 오브젝트(object)로는 xray.jit 라이브러리¹⁴⁾를 사용하였다. xray.jit은 OpenGL을 기반으로 2D, 3D, 역학적 시뮬레이션(simulation)을 구현하는 오브젝트이다. [그림-16]은 xray.jit 라이브러리 중 jit.boid2d와 xray.jit.boidsrender를 사용하여 제작한 영상이다. jit.boid2d는 2차원 시뮬레이션을 구현하기 위한 오브젝트이다.

13) Cycling '74에서 제작한 실시간으로 영상을 제어할 수 있는 응용프로그램

14) Wesley Smith에 의해 제작된 실시간 영상제어 라이브러리

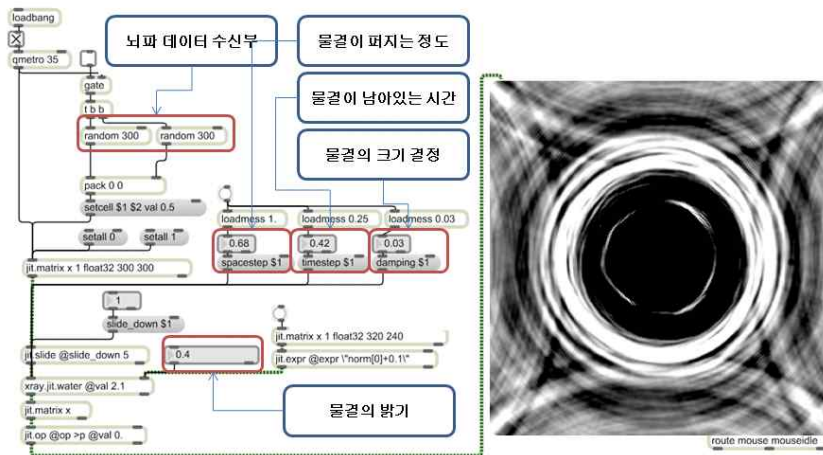
jit.boid2d는 속도, 밀집, 간격, 위치, 배열 등을 조절할 수 있는 요소들로 구성되어있고 작품에 사용된 요소는 밀집이다. 뇌파 데이터의 범위를 0~13사이로 조절하여 밀집되는 정도를 조절하였다.



[그림-17] 뇌파 데이터에 의해 조절되는 영상1

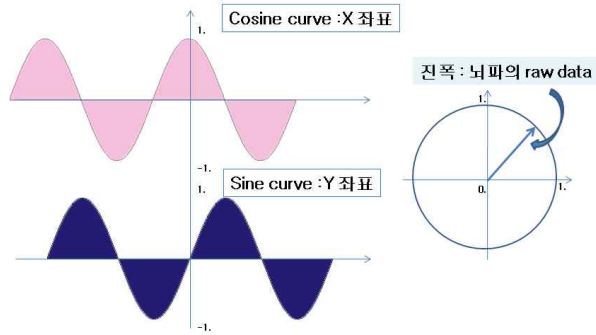
[그림-17]은 뇌파 데이터가 ‘안정’ 상태일 때 중앙으로 모이고 ‘분산’ 상태일 때 중앙에서 멀어지는 영상이다. 뇌파 데이터의 수신은 [그림-5] 무대 구성도상의 측면에 위치한 컴퓨터 4에 의해 송신된 데이터를 OSC통신을 통해 컴퓨터 3에서 수신하여 측면 스크린 3으로 영사된다. [그림-17]은 작품에서 뇌파의 상태를 나타내는 영상이다. 생각과 행동이 분리되면서 생각이라는 객체가 행동이라는 객체를 바라보는 안타까움과 불안함의 감정적 표현을 나타내고 있다. [그림-18]은 작품의 도입부에 나오게 되는 영상으로서 바닥에 영사되는 영상이다. [그림-18]의 영상 또한 뇌파 데이터의 ‘안정’과 ‘분산’의 정도에 따라 중앙을 중심으로 모이고 퍼지게 된다. 생각과 행동의 공존을 표현하기 위해 잔잔한 물결 영상을 사용하였다.

[그림-18]은 xry.jit 라이브러리에 포함되어 있는 xray.jit.water라는 오브젝트로서 물결을 형상화한 오브젝트이다. xray.jit.water는 물결이 퍼지는 정도, 물결이 머물러 있는 시간, 물결의 크기, 물결의 밝기를 결정할 수 있는 요소로 구성되어 있다.



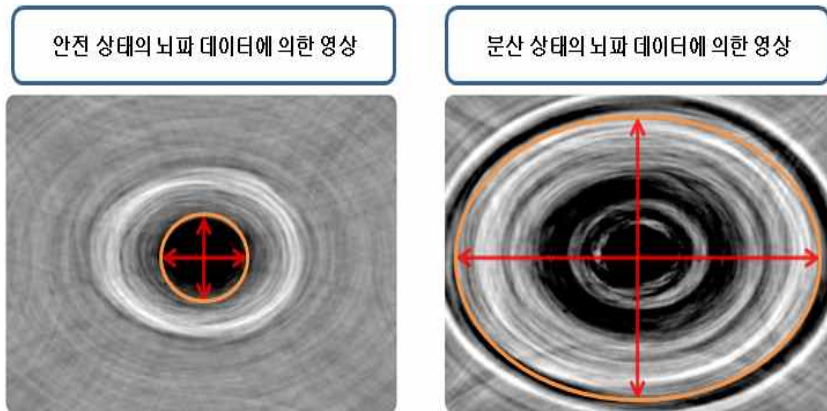
[그림-18] 뇌파 데이터를 이용한 영상 패치2

물결 영상은 300×300 크기의 jit.pwindow에서 생성되는 x좌표와 y좌표의 위치에 의해 형상화된다. [그림-18]의 영상 또한 OSC를 통해 통신을 하게 된다. [그림-5]의 컴퓨터4에서 뇌파 데이터를 송신하게 되면 뒷면의 컴퓨터 2에서 데이터 받게 되고 빔프로젝트 2를 통해 바닥에 영사된다. [그림-18]의 영상은 x좌표와 y좌표에 의해 물결이 형상화되는 위치를 결정하게 되는데, 뇌파 데이터는 2차원 데이터가 아닌 1차원 데이터이기 때문에 x좌표와 y좌표를 뇌파데이터만으로 조절할 수 있도록 조절하기 위한 2차 연산이 필요하다.



[그림-19] 모이고 퍼져가는 영상을 위한 연산

[그림-19]와 같이 x좌표를 cosine주기로 y좌표를 sine주기로 순환시키고, 진폭을 조절하게 되면 중심에서 가까워지고 멀어지면서 원주기 운동을 하게 되는 좌표를 얻을 수 있다. 뇌파 데이터의 범위인 0~512값을 0.~1.진폭으로 변환시키면 물결이 고이고 퍼져가는 영상을 구현할 수 있다.

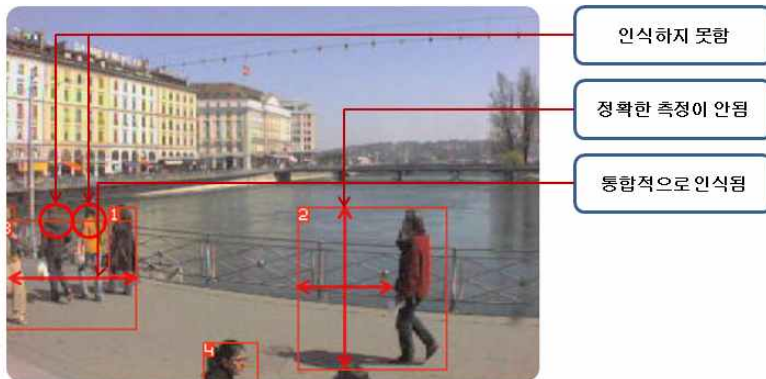


[그림-20] 뇌파 데이터에 의해 조절되는 영상2

2) 모션 디텍션의 기술적 연구

① 모션 디텍션의 이해

모션 디텍션은 ‘움직임을 감지하다’라는 사전적 의미를 가지고 있다. 움직임을 감지한다는 것은 사람과 사물에 구분 없이 모든 움직이는 대상을 감지 한다는 것을 의미한다. 모션 디텍션은 움직이는 물체가 특별한 장치의 도움 없이 움직임에 대한 데이터의 도출이 가능하다는 이점을 가지고 있다. 움직임을 감지하여 얻을 수 있는 데이터는 움직이는 속도, 위치, 방향, 수량, 대상의 크기 등을 들 수 있다. 이처럼 모션 디텍션은 움직임을 감지하여 다양한 데이터를 얻을 수 있지만 [그림-21]과 같이 수치에 대한 정확성은 다소 떨어지는 편이다.



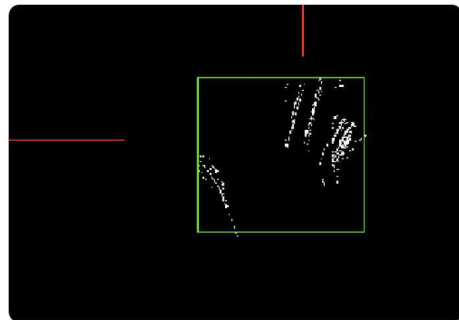
[그림-21] 모션 디텍팅의 부정확성

하지만 수치에 대한 정확성의 결점만 극복하게 된다면 모션 디텍션의 효용성은 더욱 커질 것이다. 또한 모션 디텍션을 정보 수집의 수단이 아닌 공연 예술의 표현 수단으로 사용할 수 있다. 본 연구에서는 모션 디텍션

의 보다 정확한 수치인식 방법을 제시하여 공연 예술에 적용하는 것을 목적으로 하고 모션 디텍션에 대한 연구를 하였다.

② 모션 디텍션의 기술적 서술

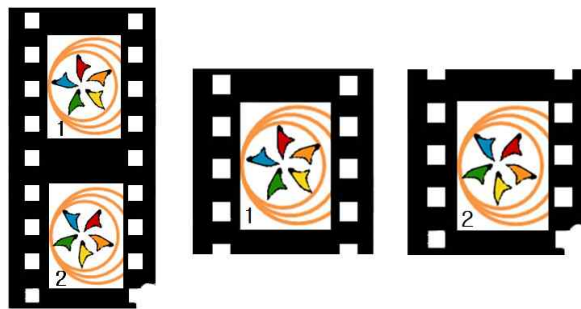
모션 디텍션은 움직이는 사물의 형상을 잡아 그 사물의 크기와 위치를 데이터화 해 준다. 하지만 [그림-21]에서와 같이 특정 사물을 정확하게 인지하는 것이 아닌 움직이는 사물 전체를 인지하게 된다는 결점을 가지고 있다. 심지어 그림자조차 움직이는 대상으로 인식하게 된다. 이처럼 특정 기준 없이 모든 움직이는 사물을 인식하게 되는 것은 모션 디텍션의 정확도를 감소시키는 가장 큰 요인이다.



[그림-22] 모션 디텍션을 이용한 사물 인식

[그림-22]는 사물이 움직일 때 생기는 명암의 비율 차를 이용하여 사물을 검출한 것이다. 이와 같은 검출은 움직이는 특정 사물에게만 적용되어 주변 환경에 따른 움직임의 검출 오차 범위를 줄여준다. 본 논문에서 제시하고자 하는 디텍션 방식 또한 모든 사물을 인지하여 분석한다는 점은 다른 디텍션 방식과 다르지 않다. 하지만 입력되어지는 영상의 밝기를 조

절하여 원하는 사물의 움직임만을 인식하도록 환경 조건을 변경할 수 있다는 점과 사물의 전체면적의 중심 값을 계산하여 움직임의 평균 좌표를 산출한다는 점에서 다른 디텍션 방식보다 정확한 수치를 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있다. 본 연구에서는 이러한 명암 비율 차를 이용한 디텍션 방식의 장점을 활용하여 무용수의 움직임에 따른 좌표를 산출하고 산출된 좌표를 이용하여 음향과 영상을 실시간으로 조절하였다. 모션 디텍션을 구현하기 위해 사용한 응용 프로그램은 Jitter이고 사용된 오브젝트는 cv.jit 라이브러리¹⁵⁾이다.



[그림-23] 영상의 프레임

명암 비율 차를 이용한 디텍션 방식의 기본 원리는 영상의 프레임(frame) 차다. 우리가 일상적으로 보고 있는 모든 영상들은 프레임 단위이다. 영상은 여러 장의 사진들이 모여 만들어진다. 이러한 영상을 만들어내는 여러 장의 사진들 중 한 장을 프레임이라고 한다. 본 논문에서 사용하는 디텍션 방법은 [그림-23]과 같은 프레임들의 차를 이용해 생성되는 윤곽선을 사용한 디텍션 방식이다.

15) 영상 처리를 위한 jitter 라이브러리



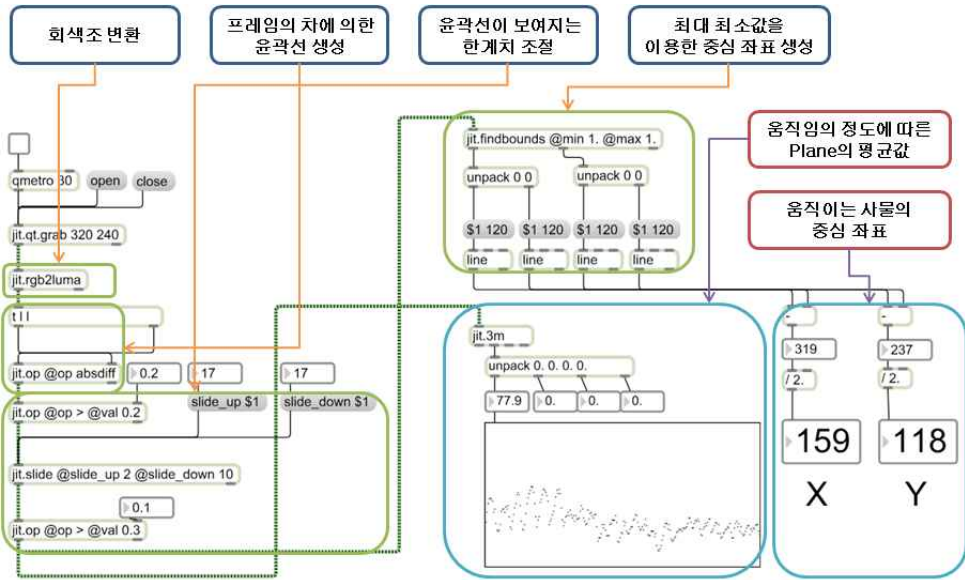
[그림-24] 프레임 차의 기본 원리

[그림-24]와 같이 현재 프레임에서 이전 프레임만큼을 제거하게 되면 원래 있던 모습에서 윤곽선만 남게 되고, 움직이는 사물을 제외한 나머지 부분은 제거된다.



[그림-25] 움직임이 없을 때의 프레임 차

만약 사물의 움직임이 없다면 [그림-25]와 같이 영상은 아무것도 나타나지 않게 된다. 프레임의 차를 이용한 디텍션 방식은 이처럼 움직이는 사물만이 대상이 되어 그 사물의 위치를 수치화하기 때문에 주변 환경의 영향에 상관없이 움직임만으로 검출이 가능하다.

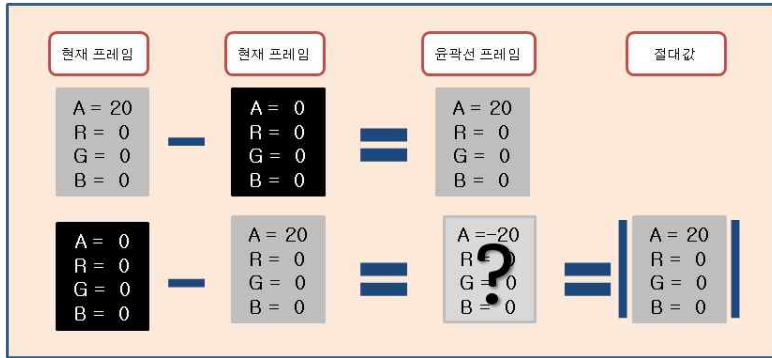


[그림-26] Jitter에서 모션 디텍션 패치

[그림-24]는 Jitter에서 모션 디텍션을 구현한 패치이다. `jit.qt.grab`을 통해 카메라의 영상을 받게 되면, `jit.rgb2luma`에서 영상을 회색조(gray scale)¹⁶⁾로 변환한다. 영상을 회색조로 변환하는 이유는 빠른 영상 처리와 메모리(memory)¹⁷⁾의 점유율을 줄이기 위해서이다. Jitter에서 색들은 A(alpha), R(red), G(green), B(blue)의 조합에 의해 결정된다. 이 ARGB는 각각 플랜(plane)¹⁸⁾을 가지게 되고 4개의 플랜이 모여 색을 이루게 된다. `jit.rgb2luma`는 입력된 ARGB의 4개의 플랜을 1개의 플랜으로 축소하여 출력하는 역할을 하고 있다. 결과적으로 출력되는 영상의 색은 회색조를 띠게 된다. 만약 카메라에 반영된 색들을 그대로 처리한다면 색을 인식하고 연산하기 위해 많은 시간과 처리능력이 필요하다. 때문

16) 백에서 흑까지 명도를 10단계로 나눈 무채색
 17) 컴퓨터의 기억장치
 18) 본 논문에서 투명도, 빨강, 초록, 파랑의 각판을 의미한다.

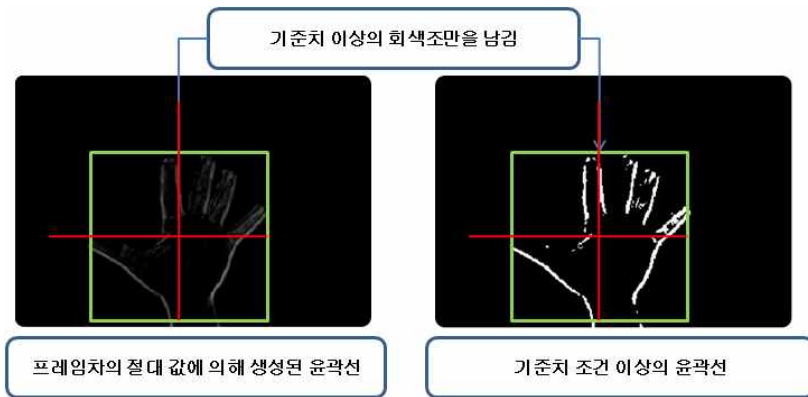
에 시스템의 효율적 운영을 위해서 영상을 회색조로 변환하여 사용한다.



[그림-27] 프레임의 차와 절대 값

t 1 1¹⁹⁾을 통해 전 프레임과 현재 프레임이 순서에 따라 다음단계로 보내지게 되고, `jit.op @op absdiff`에서 프레임의 차가 일어나게 된다. 영상의 프레임의 차가 일어나게 되면 그 결과가 항상 양수가 나오게 되는 것은 아니다. [그림-27]에서와 같이 전 프레임의 임의의 값이 검정 색이고 그 위치의 현재 프레임이 회색이라면 결과는 음의 수가 나온다. Jitter상에서 색상의 음의 수는 의미 없는 값으로 인식되기 때문에 이러한 음의 수들을 절대값으로 처리하여 어떠한 방향과 위치에서도 윤곽선을 생성할 수 있게 한다. [그림-27]에서 보면 ARGB중 A(alpha)값만 존재한다. 이는 사실상 A(alpha)값이 아닌 플랜 값이다. 결과적으로 0~255범위를 가지는 하나의 플랜 변수가 나온다.

19) 입력되어지는 리스트 들을 순서대로 출력한다.



[그림-28] 사물의 회색조를 회색으로 변환

`jit.op @op absdiff`을 통해 나오는 영상들은 회색조를 띄우며 사물의 윤곽선을 나타내준다. `jit.op @op > @val` 기준치 값을 조절하여 윤곽선에서 조건을 만족하는 값들만을 남는다.



[그림-29] 사물의 평균 좌표 생성

`jit.findbounds`에서는 [그림-29]와 같이 조건을 만족하는 윤곽선의 전체 크기를 기준으로 우상단의 최고점 좌표와 좌하단의 최하점 좌표를 잡아준다. 측정된 최고점과 최하점 좌표의 합을 반으로 나누게 되면 사물

의 중심을 가리키는 평균 좌표를 구할 수 있다.

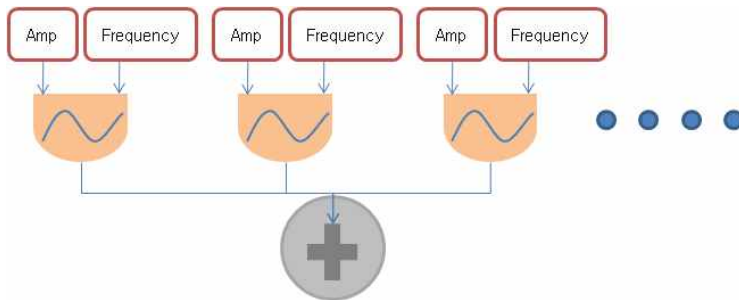


[그림-30] 움직임의 정도에 따른 윤곽선의 점유율

평균 좌표 변수의 사용 되어질 변수로는 [그림-30]에서 나타내고 있는 움직임에 따른 윤곽선의 점유율이다. 윤곽선의 점유율이란 사물을 움직였을 때 화면상에 남게 되는 윤곽선의 잔상 정도를 측정하여 수치화 하는 것을 말한다. jit.3m으로 영상 데이터가 들어오게 되면 영상은 4개의 ARGB 플랜으로 나뉘지고, 영상에 나타나는 ARGB 4개 플랜의 평균값을 출력하게 된다. 하지만 앞서 거론한 jit.rgb2luma에서 4개의 플랜을 1개의 플랜으로 출력하는 작업이 이루어졌기 때문에 jit.3m에서는 하나의 결과값만이 나오고, 결과 값은 가장 첫 번째 출력단자를 통해 출력된다. 결과값의 출력 범위는 0~255까지이고 잔상이 없을 때는 0 잔상이 전체를 덮고 있을 때는 255에 가까워진다.

③ 모션 디텍션을 적용한 음향의 제어

모션 디텍션을 통해 움직임에 대한 좌표와 움직임의 정도에 따른 수치를 얻게 되었다. 본 작품에서는 모션 디텍션의 기술을 무용수의 움직임을 검출하기 위해 사용되었고, 검출된 좌표와 움직임에 따른 수치는 음향과 영상을 제어하기 위해 사용되었다. 무용수의 움직임에 따른 음향을 제어하기 위해 고려해야 했던 사항은 작품의 전개와 무용수의 동작, 곡의 내용이 균형 있게 유지되어야 한다는 것이었다. 때문에 작품의 전개에 따라 곡 작업이 진행 되었고, 곡에 따른 음향요소들을 제작하게 되었다. 작품 전개와 곡의 흐름을 통해 제작하게 된 음향요소들은 가산 합성(Additive) sound²⁰⁾와 FM sound를 사용하여 제작되었다.



[그림-31] Additive Synthesis의 기본적 원리

가산합성 방식은[그림-31]과 같이 여러 개의 다른 주파수가 합해져서 발생하는 소리를 말한다. 우리가 듣고 있는 소리라는 것은 여러 개의 다른 주파수, 진폭, 위상의 조합으로 형성되어 있다. 이와 같은 소리를 분석하는 방법을 역으로 사용하면 소리를 생성할 수 있을 것이라는 가능성으로 부

20) 여러 주파수의 합성을 이용하여 만들어진 가산합성음

터 가산합성 방식은 개발되었다. 가산 합성방식의 특징은 원하는 소리를 만들기 위해서 얼마든지 주파수를 추가할 수 있다는 것이다. 주파수를 원하는 만큼 추가하여 사용하는 가산 합성방식이 다른 합성방식 보다는 비효율적일 수도 있지만 소리를 생성하는데 있어 제작자의 의도를 정확하게 표현할 수 있다는 점에서 다른 합성방식과 차별을 두고 있다. 작품에서 표현하는 소리는 돌과 돌이 서로 부딪쳐 굽히는 듯한 소리이다. 이러한 소리는 다른 합성방식을 통해서도 제작이 가능하지만 가산 합성방식의 경우는 저음 배율을 원하는 만큼 조절할 수 있어 작품의 상황에 맞는 소리를 제작하기에 가장 적절하기 때문에 가산합성방식을 사용하였다. 제작된 소리는 무용수가 표현할 고통과 번어날 수 없는 답답함을 묘사하기 위해 사용되었다. 본 작품에 사용된 가산 합성에는 총 24개의 다른 주파수가 사용되었다.

[표-5] Additive Synthesis에 사용된 주파수

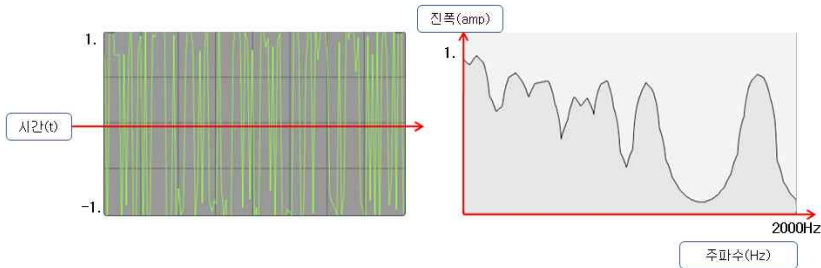
주파수(Hz)	46	58	60	75	84	95	98	122
---------	----	----	----	----	----	----	----	-----

주파수(Hz)	211	217	308	369	477	483	547	584
---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

주파수(Hz)	760	778	783	931	1219	1204	1970	1975
---------	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------

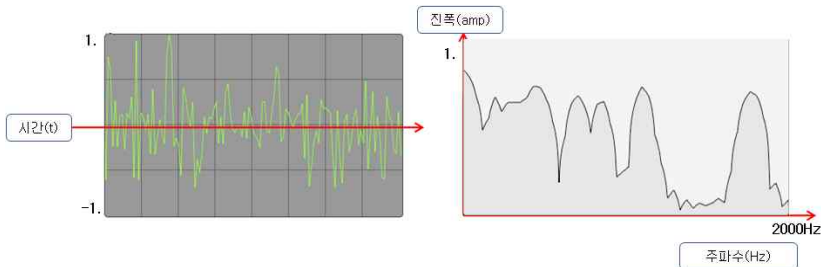
[표-5]의 가산 합성에 사용된 주파수를 보면 전체적으로 중 저음역대가 많이 사용되었다. 또한 각 주파수의 간격이 부분별로 범위가 밀집 되어

있는 것은 맥놀이(beatting)²¹⁾현상을 의도한 것이다. [표-5]의 주파수를 합성하여 소리를 재생하면 중소리와 흡사한 소리가 나게 된다.



[그림-32] 가산 합성에서의 oscilloscope와 spectroscope

가산 합성만을 거쳐 출력되는 소리의 음량 값에 진폭변화를 주게 되면 비르라토(vibrato)를 일으키게 된다. 하지만 일정하게 일어나는 진폭의 변화는 작품의 의도와 차이를 보였다. 때문에 진폭을 산란 적으로 변화시킬 수 있는 rand~를 이용하여 균일하지 않은 진폭의 변화를 일으켜 중소리와 흡사한 소리에서 벽과 벽이 닿아 굽히는 듯한 소리를 재현하였다.

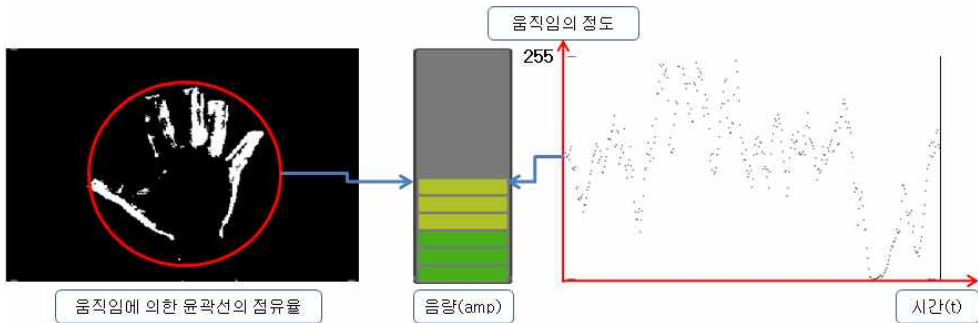


[그림-33] 가산 합성의 음량의 진폭변조에 의한
oscilloscope와 spectroscope

가산 합성을 통해 생성된 소리의 구성요소들 중 실시간으로 제어되는 요

21) 주파수가 비슷한 두 개의 파동이 간섭을 일으켜서 새로운 합성파가 만들어지는 현상

소는 음량 값이다. 음량 값을 제어하는 수단은 무용수의 움직임의 정도이다. 움직임의 정도는 [그림-34]에서 설명하고 있는 움직임의 정도에 따른 윤곽선의 점유율을 말한다.



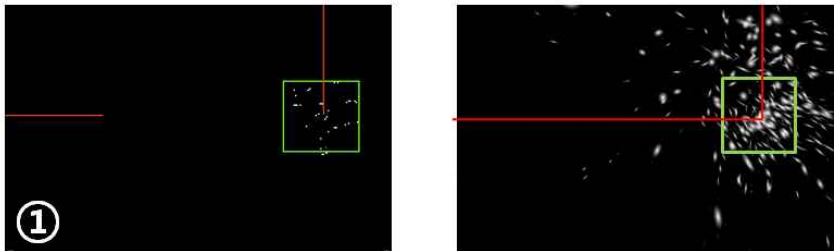
[그림-34] 움직임의 정도에 따른 음량 값의 조절

모션 디텍션을 사용해 제어하게 되는 또 다른 음향적 요소는 FM 방식이다. FM 방식의 개념적 서술은 ‘뇌파 데이터를 이용한 사운드 제어’에서 명시하고 있다. 가산합성 방식을 사용해 거칠고 둔탁한 저음역대의 소리를 만들어 고통스럽고 답답한 심적 표현을 하였다면 FM에서는 날카롭고 예리한 고음역대의 소리로 탐욕스럽고, 이기적인 인간의 본성을 표현하고자 하였다. 모션 디텍션에 의해 움직임의 좌표가 생성되면 이 좌표를 FM의 주 주파수에 적용하고 움직임에 의한 윤곽선의 점유율을 음량 값에 적용하여 움직이는 위치와 움직이는 정도에 따른 음향을 제어한다.

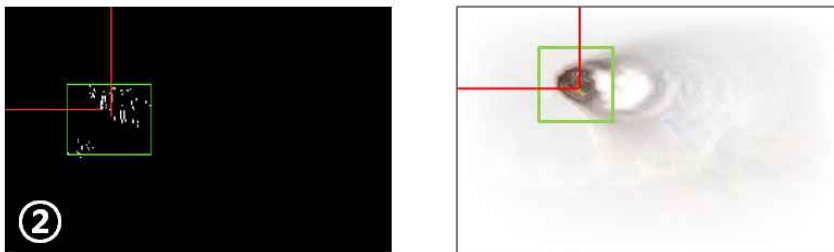
④ 모션 디텍션을 이용한 영상의 제어

모션 디텍션을 통해 무용수의 움직이는 위치에 따른 좌표와 움직임의 정도에 따른 윤곽선의 점유율을 구할 수 있었다.

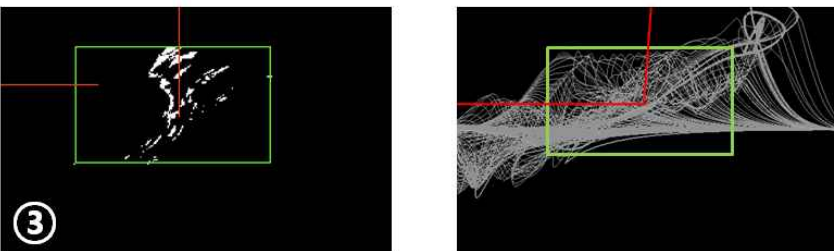
Motion Detection의 좌표에 의한 영상의 제어 1



Motion Detection의 좌표에 의한 영상의 제어 2



Motion Detection의 좌표에 의한 영상의 제어 3



[그림-35] 모션 디텍션을 이용한 영상

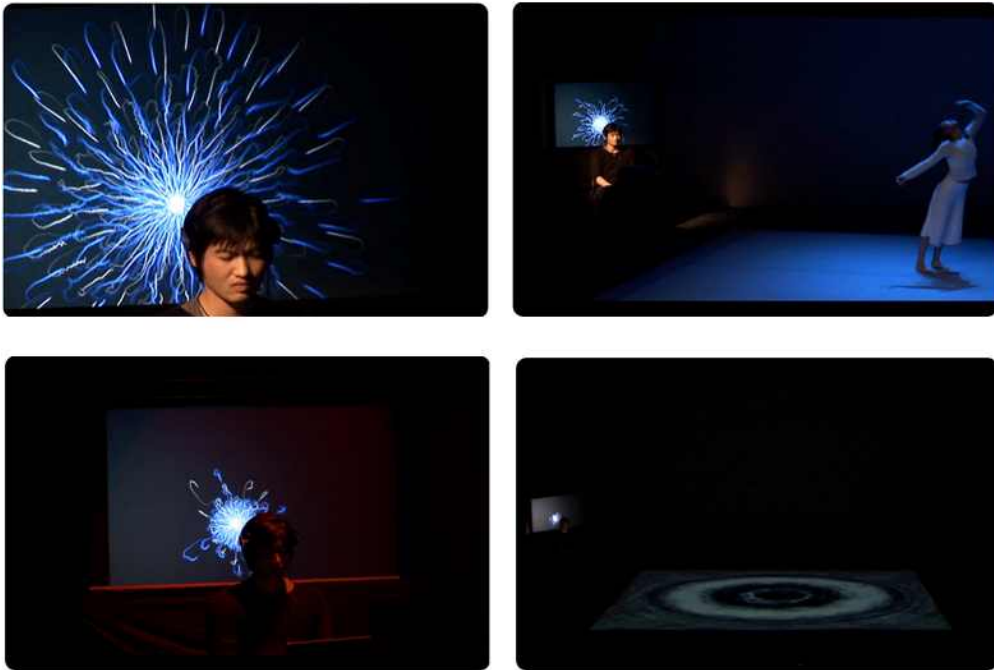
작품 <Parallel lines>에서는 움직임에 따른 좌표와 윤곽선의 점유율을 이용하여 [그림-35]와 같은 영상을 표현하였다. 그림 ①과 ③은 무대의 정면에서 영사되고, 그림②는 무대 바닥에 영사된다. [그림-35]의 영상들은 무용수의 움직임을 따라 다니게 된다. 그림 ①의 경우는 무용수의 움직임의 정도에 따라 영상의 움직이는 속도를 결정한다. 사용된 오브젝트는 `xray.jit.boidsrender`와 `xray.jit.water` 이다. 모든 오브젝트들은 OpenGL(Open Graphics Library)을 기반으로 이루어졌다. `xray.jit.boidsrender`는 Eric singer²²⁾에 의해 개발된 Boids라는 알고리즘을 바탕으로 제작된 시뮬레이션 오브젝트로서 새 무리들의 이동을 표현하는 알고리즘이다.

22) 미국의 멀티미디어 아티스트, 프로그래머

3. 작품에서의 기술적용

1) 뇌파센서를 이용한 음향과 영상의 적용

뇌파의 데이터 검출실험을 통하여 직감적 조절이 가능한 데이터를 추출하게 되었고, 실제 공연에 적용하여 뇌파 데이터를 이용해 음향과 영상을 조절하였다.



[그림-36] 뇌파를 공연에 적용한 장면

[그림-36]은 뇌파를 이용해 공연에서 음향과 영상을 조절하는 장면이다. 작품 <Parallel lines>에서 뇌파를 이용해 표현하는 것은 생각이라는 객체

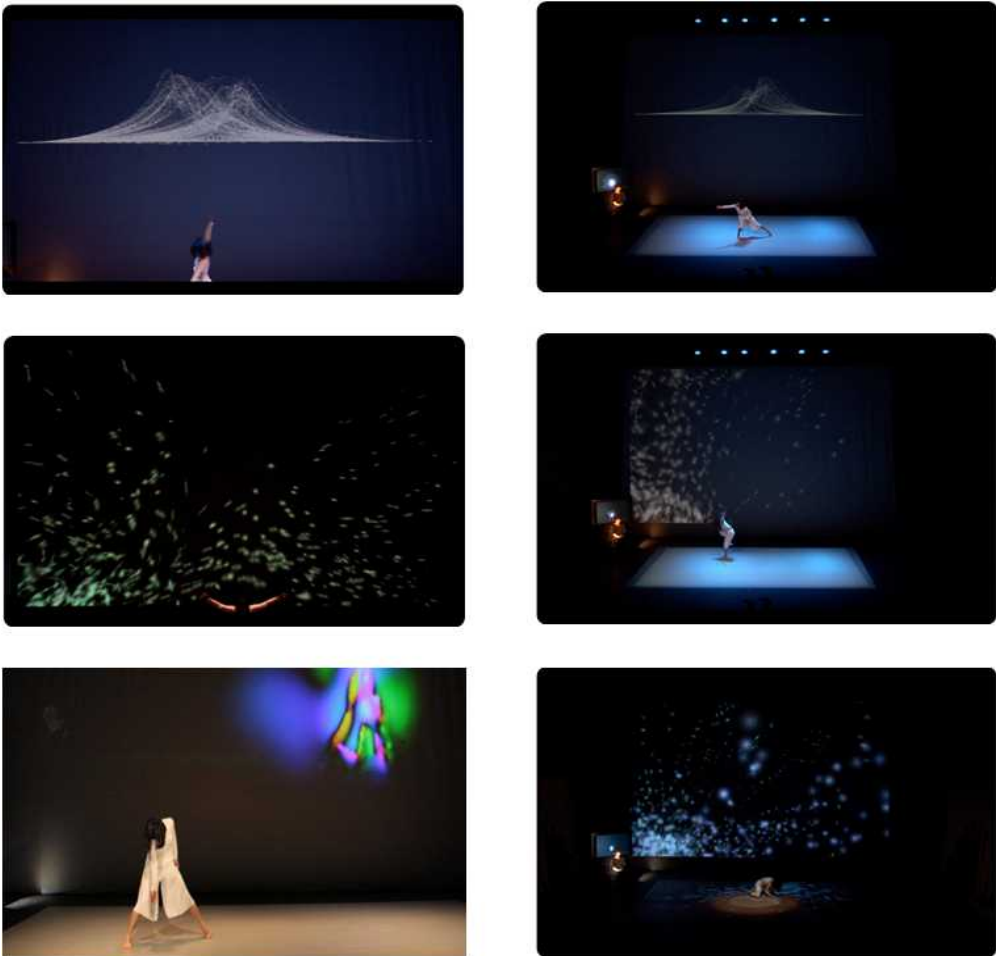
의 모습이었다. 작품에서 나타나는 생각이라는 객체의 모습은 정적이고 큰 변화 없이 항상 그 자리를 맴돌고 있는 모습이다. 이러한 생각의 모습을 원주기 운동을 하는 영상으로 표현하였다. 조절되는 뇌파의 두 가지 상태인 ‘안정’과 ‘분산’ 상태의 특성을 고려하여 ‘안정’ 상태에서는 영상이 중앙으로 모이게 되고 ‘분산’ 상태에서는 중앙에서 멀어지게 되는 영상으로 구성하여 생각이라는 객체의 심적 상태를 영상을 통해 표현하였다. 작품에서 생각이라는 객체는 행동이라는 객체가 점점 지쳐가는 모습을 바라보며 안타까움과 자신의 나약함을 영상적으로 표현하였다.

뇌파에 의해서 조절되어지는 영상이 중앙으로 모이게 되는 것은 생각이라는 객체의 안정적 상태를 의미하고, 중앙에서 멀어지는 영상은 불안하고 초조한 생각이라는 객체의 심리를 묘사하고 있다. 바닥에 영사되는 물결의 영상은 생각과 행동 두 객체의 조화로웠던 시절을 나타내기 위해 사용되었다.

작품 <Parallel lines>에서 뇌파 데이터를 이용한 심적 표현을 하였다. 작품을 표현하는데 있어 말과 행동이 아닌 생각 그 자체를 이용하여 표현하고자 했던 것이 연구의 시작이었다. 작품에서 뇌파를 조절하여 음향과 영상을 조절할 수 있었지만 뇌파에 의해 조절할 수 있는 요소 한가지라는 표현적 제한을 가지고 있다. 또한 개인의 의지에 따른 정확한 조절의 한계성도 가지고 있다. 이러한 기술의 한계성은 뇌파의 연구가 발전해 감에 따라 해결 될 수 있는 부분이다. 아직까지는 뇌파를 사용하여 완벽한 제어를 한다는 것이 무리이다. 하지만 현대에 들어 뇌파의 기술적 한계가 점점 해결 되고 있고, 뇌파를 이용한 다양한 콘텐츠들이 개발되고 있다. 이러한 뇌파의 기술적 발전은 뇌파를 이용한 새로운 시도와 접근의 가능성을 남겨준다.

2) 모션 디텍션을 이용한 음향과 영상의 적용

무용수의 움직임을 이용하여 음향과 영상을 제어하기 위한 방법으로 모션 디텍션을 사용했다. 연구를 통해 작품에서 표현하려 했던 것은 행동이라는 객체의 심적 표현이었다.



[그림-37] 모션 디텍션을 공연에 적용한 장면

행동은 정신과 다르게 동적이고, 본능적인 성향을 가지고 있다. 이 같은 성향의 행동이라는 객체를 작품에서는 무용으로 표현하였다. <Parallel lines>에서 무용수는 행동이라는 객체의 본능적이고 충동적인 부분을 묘사해 주고 있고, 또한 자신의 뜻대로 되지 않는 현실에 상처 받고 지쳐가는 나약한 행동이라는 객체도 묘사하고 있다.

모션 디텍션을 이용해 무용수의 위치 데이터와 무용수의 움직임의 정도에 따른 데이터를 검출하게 되고, 검출된 데이터는 음향과 영상을 조절하기 위해 사용된다. 음향적 표현 방법으로는 FM과 가산 합성방식을 사용하였고, 음향적 요소는 무용수의 움직임에 의해 재생되고 제어된다. 또한 무용수의 움직임은 영상의 위치와 속도를 제어한다.

작품에서 무용수에 의해서 제어되는 음향과 영상은 행동이라는 객체를 가로막고 있는 현실의 장애물 역할을 하게 된다. 행동이라는 객체의 이탈 시도가 늘어갈수록 음향적으로는 더욱 거친 소리를 재생하고, 영상적으로는 색의 변화가 일어난다. 무용수가 움직이게 되면 영사되는 영상은 무용수를 따라간다. 이는 벗어날 수 없는 현실의 무게와 굴레를 표현해 준다.

Ⅲ. 결론

본 연구에서는 뇌파와 모션 디텍션을 이용해 공연 예술에 새로운 표현 방법을 제시하였고, 작품 <Parallel lines>을 통해 연구의 결과를 구현하였다. 작품에서 생각은 뇌파센서를 통해 표현이 되었고, 행동은 무용수의 움직임을 카메라로 검출하여 표현하였다. 이러한 공연 예술의 멀티미디어에 관한 연구는 두 가지 목적을 가지고 시작이 되었다. 첫째, 다양한 멀티미디어의 시도와 접근으로 작가의 표현적 한계 극복하는 것이고 둘째, 작가와 관객간의 원활한 소통과 공감대를 형성하는 것이었다.

작가가 표현적 한계를 극복하기 위해 시도했던 것은 뇌파센서와 모션 디텍션이었다. 작품 <Parallel lines>에서는 생각과 행동을 서로 분리된 객체로 구성하여 육체라는 테두리에 공존하지만 너무도 독립적인 성향을 띄는 모습을 표현하였다. 이와 같은 서로 독립적인 성향의 모습을 표현하고자 뇌파 센서와 모션 디텍션을 사용하여 생각과 행동의 감정적 표현하였다.

작가와 관객간의 원활한 소통과 공감대를 형성하기 위해서 작품의 실시간 제어를 통해 기존에 짜여진 각본에 따라 연출하는 것이 아닌 실시간으로 음향과 영상을 제어하여 보다 즉각적이고 직설적인 표현 통해 작가의 의도와 목적을 관객에게 전달함으로써 관객과의 거리를 좁힐 수 있었다.

Keyword (검색어) : 뇌파(brainwave), 모션 디텍션(motion detection),
오디오-비주얼(audio-visual), 인터랙티브 아트(interactive arts)

E-mail: sinsunin@naver.com

참고문헌

1. 단행본

- Curtis Roads, 「The Computer Music Tutorial」 Massachusetts: The Mit Press Cambridge. (1996)
- 정동암, 「미디어 아트, 디지털의 유혹」 (커뮤니케이션북스, 2007)
- Randall Packer, Ken Jordan, 「MULTIMEDIA:From Wagner to Virtual Reality」 (nabi press, 2001)
- Watkins, John. "The Art Of Digital Video 4th edition."
(Focal Press, 2008)
- Edith Decker-Phillips, 「Paik·Video」 (KungRee, 2001)
- Rush, Michael "New Media in Art" (Thames & Hudson, 2005)
- Kostka, Stefan "Materials and Techniques of Twentieth-Century Music" (Pearson Prentice Hall, 2006)
- Loy, Gareth "Musimathics" (The MIT Press, 2006)

2. 참고논문

- 김종현, 김준, 「뇌파센서의 인터랙티브 콘텐츠 제작 연구」
「동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과」, (2009)
- 김영민, 「적외선LED의 트래킹을 이용한 멀티미디어음악작품 연구」
「동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과」, (2008)

3. 인터넷

- Max/MSP, Jitter Forum
<http://www.cycling74.com/forums/index.php>
- wikipedia
<http://en.wikipedia.org/wiki/Brainwave>
- OpenCV Reference manual
<http://public.cranfield.ac.uk/c5354/teaching/dip/opencv/manual/>
- cv.jit Main
<http://www.iamas.ac.jp/~jovan02/cv/>
- retinality
<http://www.mat.ucsb.edu/~whsmith/xray.html>

Abstract

Multimedia Music Research Utilizing Brain Waves and Motion Detection (Focus on Multimedia Music - 'Parallel lines')

Kim, Jong Hun

This thesis seeks to suggest a new expression method in performing arts which uses brain waves and motion detection. The study was conducted on <Parallel lines>, a multimedia music piece.

The main theme of <Parallel lines> is the difference between human thoughts and behaviors, both of which are expressed in different objects. The objects create emotional expressions using brain waves and motion detection. Then the expressions become a visual and musical piece.

With the help of brain wave sensors, brain waves become data on Max/MSP/Jitter and the brain wave data are used for adjusting music and visual images. A dancer's movements captured with a camera become coordinates through motion detection. The coordinates adjust

music and visual images.

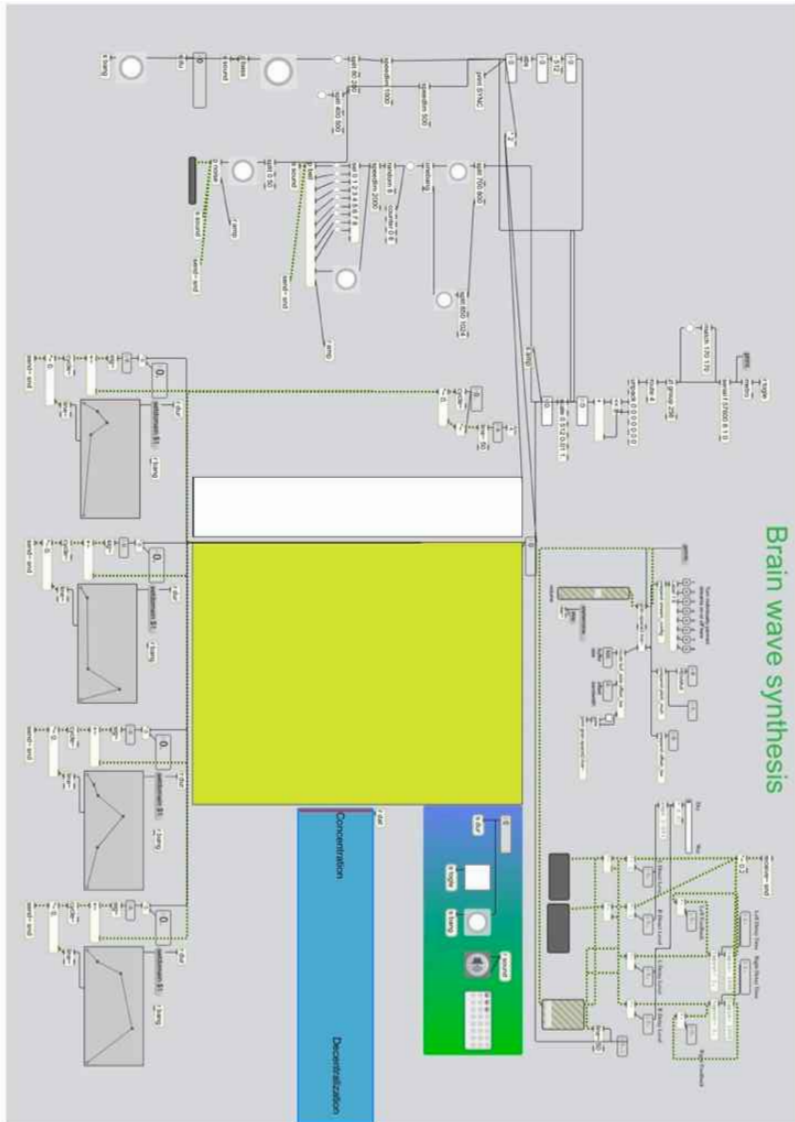
This new expression method that utilizes multimedia transferred the intention and theme of the writer in a more intuitional way. As a result, communication between the writer and the audience became more efficient.

부록-1 (첨부 DVD 설명)

1. Parallel lines : 2009 11월 25일 이해당 예술극장
<Parallel lines>의 공연실황
2. Parallel lines.mxb : Max/MSP/Jitter 패치
3. Parallel lines.wav : 테이프음악

부록-2 (Max/MSP/Jitter 패치)

1. 뇌파에 의해 조절되는 Brain wave synthesis 패치



3. Jitter에서 모든 영상을 제어하는 인터페이스

