

석 사 학 위 논 문

Interface(INPUTO)를 이용한
인터랙티브 콘텐츠 연구
(멀티미디어음악작품 <The Tree>를 중심으로)

지도교수 김 준

동국대학교 영상대학원
멀티미디어학과 컴퓨터음악전공

이 동 규

2 0 1 1

석사학위논문

Interface(INPUTO)를 이용한

인터랙티브 콘텐츠 연구

(멀티미디어음악작품 <The Tree>을 중심으로)

이동규

지도교수 김준

이 논문을 석사학위논문으로 제출함.

2011년 1월

이동규의 음악석사학위(컴퓨터음악전공) 논문을 인준함.

2011년 1월

위원장: 김정호 (인)

위원: 윤승현 (인)

위원: 김준 (인)

동국대학교 영상대학원

목 차

I. 연구의 배경과 목적	1
1. 연구 배경	1
1) 악기의 개발	1
2) 음악 공연의 발달	2
2. 연구 목적	3
II. 작품 내용	8
1. 작품 배경	8
2. 작품 구성	9
1) 음악의 구성	10
① 테이프음악(Tape Music)	10
② INPUTO 소리	11
2) 영상의 구성	12
3) 무용수와 조명의 구성	12
3. 무대 구성	13
III. 기술적 연구 및 적용	14
1. 인터페이스(INPUTO) 제작 연구	14
1) 아두이노(Arduino)를 활용한 Interface제작	14
2) INPUTO소리의 Audio Visualization을 위한 LED	16

3) INPUTO 무선 시리얼 통신(Xbee)	21
4) INPUTO 센서(sensor)와 작품에서의 적용	22
2. INPUTO 소리 제작과 제어	26
1) INPUTO sound-1 소리제작	26
2) INPUTO sound-2 소리제작	28
3) INPUTO sound-3 소리제작	31
3. INPUTO에 의한 영상제작과 제어	32
1) 카메라와 LED를 이용한 영상	32
2) INPUTO의 소리에 의한 Audio Visualization	33
3) INPUTO에 의한 Image변화	35
4) 영상의 Blur효과	36
5) INPUTO에 의한 영상의 Fade In/Out	39
4. 시스템 구성	39
IV. 결론 및 향후 계획	42
참고문헌	44
Abstract	46
부록 1 (Max/MSP/Jitter 패치)	48
부록 2 (첨부 DVD설명)	54

표 목 차

[표-1] 작품의 구성	9
[표-2] 파트별 INPUTO의 사운드 구성	11
[표-3] 무용수와 조명의 구성	12
[표-4] Forward Voltage	16
[표-5] INPUTO의 sensor에 의한 데이터 활용	24
[표-6] Mini INPUTO의 sensor에 의한 데이터 활용	25

그 림 목 차

[그림-1] MIDI Interface의 연결방식의 변화	4
[그림-2] 다른 형태의 컨트롤러들	5
[그림-3] Air Piano	6
[그림-4] Gypsy MIDI Controller	6
[그림-5] INPUTO와 Mini InPUTO	7
[그림-6] 기타의 조율	10
[그림-7] 실제 공연모습	13
[그림-8] Arduino MEGA와 Arduino Duemilanove	15
[그림-9] LED 배열	18
[그림-10] duty cycle에서의 PWM신호	19
[그림-11] TLC5940과 Arduino의 연결	20
[그림-12] INPUTO LED	21
[그림-13] Xbee 신호 흐름도	22
[그림-14] INPUTO에 장착된 센서들	23

[그림-15] Sample wave	26
[그림-16] Pitch에 따른 Frequency 변화	27
[그림-17] 슬라이드, 기울기 센서에 의한 신호 흐름도(sound-1)	28
[그림-18] white noise spectrum	28
[그림-19] granular synthesis	29
[그림-20] RGB Touch Sensor에 따른 noise sound의 Spectrum 변화	30
[그림-21] 터치센서에 의한 신호 흐름도	31
[그림-22] 5개의 오실레이터를 이용한 Additive Synthesis	32
[그림-23] 카메라를 활용한 part-1의 공연모습	32
[그림-24] jit.Poke~ 를 활용한 패치	33
[그림-25] jit.Poke~ 를 활용한 영상	34
[그림-26] part-3에 사용된 이미지	35
[그림-27] INPUTO에 의한 색상의 변화	36
[그림-28] part-2와 part-4의 Blur효과	37
[그림-29] part-2의 실제 공연장면	38
[그림-30] part-4의 실제 공연장면	38
[그림-31] part-1, part-4의 영상 fadein, out	39
[그림-32] 시스템 구성도	40
[그림-33] 각 파트에서 구성된 실제 공연장면	40

I. 연구의 배경과 목적

1. 연구 배경

1) 악기의 개발

악기의 개발은 음악의 역사와 함께 시작되었으며, 작곡가들에게 다양한 음악적 표현을 가능하게 해주었다. 그 예로 몬테베르디(Claudio Monteverdi, 1567~1643)¹⁾는 1607년 그의 오페라 오르페오(L'orfeo)를 악기 개발이 음악의 표현 영역을 확장한 사례의 시작으로 보고 있다. 작곡가 몬테베르디는 다양성과 음색을 위해 순수한 기악적 부분 즉, 서곡(Overture)²⁾과 리토르넬로(Ritornello)³⁾를 편성하였다. 그의 악보는 구체적으로 지시한 40여개의 다양한 악기로 구성되었다. 그리고 음악의 표현 방법에서 보다 문학적인 상상력을 구체적으로 반영시키기 위하여 노력하였다. 이후 1720년대 당시 건축물의 영향을 받아 소리가 크게 개량된 현악기, 1800년대 초에 연금술의 발전과 철강 제조술을 바탕으로 시작된 뵘(Boehm)방식⁴⁾의 목관악기의 개량과 이후에 이어진 금관악기의 개량 및 피아노의 발명은 유럽 작곡가의 표현법을 크게 변화시켰다.

20세기 들어서 전자기술과 유기적인 관계를 맺고 탄생한 음반(LP, CD) 및 TV방송, 영화 등은 예술의 환경과 대상을 급격히 바꿔놓았다.

1) 이탈리아의 작곡가, 바이올리니스트, 가수이다.

2) 오페라·오라토리오·발레·모음곡 등의 첫 부분에서 연주되어 후속부로의 도입 역할을 하는 기악곡.

3) 기악적 서주나 간주곡을 의미.

4) T. 뵘(Theobald Boehm, 1794~1881)에 의한 이른바 뵘식 플루트에 적용된 설계 방식.

또한 현대의 전자과학기술에 의한 컴퓨터, 그래픽, 영화 및 음악용 신디사이저의 개발은 중요한 문화적인 산물이 되었고 컴퓨터 음악의 개발로 음악의 전달과 향유의 방법이 바뀌었으며, 음악을 작곡하고 연주(생산)하는 방법도 달라졌다. 현재 외국의 악기개발 수준은 무척이나 앞서 나가고 있다. 외국의 경우 악기개발에 의해 자연스럽게 음악의 발달이 이루어지고 있지만, 국내 악기개발과 연구는 미흡하여 외국의 기술, 소프트웨어 등 음악과 관련된 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정이다.

2) 음악공연의 발달

공연에서 음악을 표현하는 방식에서도 많은 변화가 이루어졌다. 고대의 그레고리오 성가에서 서기 1000년이 되면서 교회는 종교의식을 규격화된 형태로 부르다가 12세기에서는 세속적인 음악으로 발달되었다. 14세기 이후부터 귀족들을 위한 연주가 이루어졌으며, 16세기에서는 앞서 언급한 악기의 발달로 성악위주였던 음악이 점차 기악음악으로 발전하였다. 또한 대규모의 합창과 관현악, 무용이 한데 어우러진 오페라가 첫 선을 보이게 된다. 그리고 19세기 초반, 바그너(Richard Wagner, 1813~1883)⁵⁾에 의해 음악극이 생겨나면서 음악을 표현하는 방식에도 많은 변화들이 일어났다. 20세기에는 예술음악과 대중음악의 경계가 모호해지면서 크로스-오버(crossover)⁶⁾ 음악이 나오게 되었고, 과거에는 음악과 비 음악을 구별하는데 그 음소재가 악기음이나 소음(ambiance, noise)이나 하는 음향학적 구별이 가능했지만, 현대에 와서

5) 영향력 있는 독일의 작곡가이자 지휘자, 음악 이론가, 그리고 수필가이며, 그의 새로운 교향악적인 오페라(또는 "악극")로 우선 잘 알려져 있다.

6) 다른 장르가 교차한다는 뜻.

는 소음을 음 소재에 포함시킴으로써 어디까지가 음악이고 소음인가하는 점도 모호해졌다. 즉, 작곡가의 표현영역에 있어 한계가 사라지게 된 것이다. 이런 역사적인 흐름을 보았을 때 악기와 기술의 발달이 작곡가에게 있어서 매우 중요한 변화를 준다는 것은 명백한 사실이다. 그 당시 작곡가의 의도를 표현하기 위해 악기의 연구가 일어났고 그 발달로 음악공연은 관객에게 흥미를 불러일으켰다. 현대의 컴퓨터와 기술의 발달로 인해 컴퓨터만으로 음악을 표현할 수 있게 되었으며, 이를 이용하여 더욱 많은 관객들의 흥미를 유발할 수 있게 되었다.

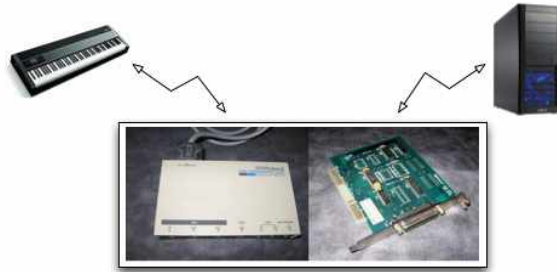
2. 연구 목적

디지털시대가 열리며 컴퓨터의 응용으로 인터페이스(Interface)⁷⁾가 생겨나게 된다. 인터페이스는 사용자가 컴퓨터와 의사소통을 하기 위해 중간다리 역할을 하는 장치이다. 또한 컴퓨터 신호처리 기술의 발전으로 컴퓨터의 신호데이터를 음으로 표기할 수 있게 되었다. 신호데이터가 음으로 표기된 대표적인 예로 MIDI(Musical Instrument Digital Interface)⁸⁾를 들 수 있다. MIDI의 발달로 신호를 컴퓨터로 보내주기 위한 MIDI Interface가 개발되었다. MIDI Interface는 컨트롤러의 신호를 컴퓨터에 전달해주는 역할을 한다. [그림-1](a)는 초창기 Roland사의 MPU401 MIDI Interface를 활용한 신호 흐름도이다. 오른쪽은 컴퓨터 내장에 장착을 하고 왼쪽그림은 MIDI 케이블을 통해 다른 컨트롤러와 연결하여 사용하였다. 신호의 기술이 더욱 발전되며 큰 부피를 차지하던 미디 인터페이스는 보통 컨트롤러에 내장되어 나오게 되었다. 그 결과 [그림-1](b)

7) 사물 간 또는 사물과 인간 간의 의사소통이 가능하도록 일시적 혹은 영속적인 접근을 목적으로 만들어진 물리적, 가상적 매개체를 의미한다.

8) 신시사이저, 리듬 머신, 시퀀서, 컴퓨터 등의 연주 정보를 상호 전달하기 위해 정해진 데이터 전송 규격.

처럼 인터페이스 역할을 하는 컨트롤러가 등장하게 되었다.



(a) Roland - MPU401 MIDI Interface를 활용한 신호 흐름도



(b) Korg - Kontrol Controller를 활용한 신호 흐름도

[그림-1] MIDI Interface의 연결방식의 변화

[그림-1](b)와 [그림-2]는 컨트롤러의 대표적인 세 가지 형태를 보여 주는데, 이는 건반형태(keyboard)와 패드(pad)형태, 그리고 노브(nob)와 페이더(fader)형태로 나뉜다.



(a) pad controller



(b) nob, fader controller

[그림-2] 다른 형태의 컨트롤러들

현재까지는 건반형태의 컨트롤러가 가장 많이 사용되고 있다. 이것은 피아노 건반을 본떠 만든 모양으로, 컴퓨터에서 신호를 음고(pitch)⁹⁾로 표현하기 쉽고, 음계구조를 한눈에 볼 수 있기 때문에 편리하다. [그림-2](a)는 패드(pad)형태로 비트를 소리로 표현하기에 가장 적합한 컨트롤러이다. 드럼을 치듯 손으로 패드를 치는 형태이다. 제어하고자 하는 데이터가 많아지면서 [그림-2](b)의 믹서형태 컨트롤러도 많이 사용된다. 음이외에 이펙터(effect)나 볼륨(volume), 팬(pan) 등을 조절할 수 있도록 만들어졌다. 이처럼 작곡가나 연주자가 표현하고자 하는 대로 악기의 발전이 이루어지고 있다. 그 결과 음악의 형태나 형식도 바뀌어가고 있다. 최근에 들어서는 [그림-3]에서처럼 일명 Air Piano가 나왔다. Air Piano는 테레민(Theremin)¹⁰⁾처럼 공중에서 손을 움직이면 음고가 바뀌는 형태이다.

9) 음의 높낮이.

10) 러시아의 레온 테레민이 두 고주파 발전기의 간섭에 의해 생기는 소리를 이용하여 발명한 신디사이저 악기이다.



[그림-3] Air Piano

[그림-4]는 Gypsy MIDI 컨트롤러인데 사람의 몸에 부착하여 센서를 통해 사람의 움직임을 음으로 표현하는 형태이다. 최근의 컨트롤러는 단순한 작곡의 용도가 아닌 퍼포먼스의 요소가 가미되어, 연주자나 작곡가, 관객이 함께 소통할 수 있는 악기들이 많이 개발되고 있다.



[그림-4] Gypsy MIDI Controller

악기의 발전은 음악과 공연형태 발달에 매우 중요한 역할을 하기 때문

에 앞으로도 새로운 형태의 악기들은 지속적으로 발전할 것이다. 본 연구는 이러한 새로운 형태의 악기를 기반으로 인터랙티브 콘텐츠에 관한 연구이다. 서로 다른 사물과 사람, 사람과 사물의 행동이나 언어를 연결하여 좀 더 인간적이고 사실적으로 표현하기 위하여 새로운 모양과 느낌의 인터페이스를 제작하고자 하였다. 또한 퍼포먼스적인 공연형태의 발달에서 볼 때 공연의 느낌을 연주자가 즉흥적으로 표현할 수 있게 나타내하고자 하였다. 기존의 음악표현방식에서 벗어나 자유롭고 새로운 악기로 음악을 표현하고자 [그림-5]의 “INPUTO”와 “Mini INPUTO”를 제작하였다. 이 악기들을 사용하여 새로운 음악공연 형태인 멀티미디어 음악공연에 필요한 퍼포먼스적인 움직임과 실시간으로 영상과 소리의 제어함으로서 작품 <The Tree>를 효과적으로 표현하기 위한 연구가 목적이다.



[그림-5] INPUTO와 Mini INPUTO

Ⅱ. 작품의 내용

1. 작품 배경

작품 <The Tree>는 자연의 한 소재인 나무를 주제로 하였다. 자연은 사전적인 의미로 “인간의 영향이 미치지 않은 그대로의 현상과 그에 따른 물질”이라 한다. 나무는 자연 그대로의 모습에서 인간이나 다른 외부의 영향에 의해 조금씩 변해가며, 경우에 따라 부러지거나 죽기도 한다. 그 후에 부러진 형태는 다른 누군가의 안식처가 되거나 먹이가 되기도 한다. 작품에서 이야기하는 나무를 예로 들자면 나무는 외부의 영향을 받으면서 자란다. 자유로운 공간에서 자란 나무는 인간에게는 쉼과 여유로운 느낌을 준다. 그리고 거친 바람이나 곤충, 동물들에도 안식처를 준다. 하지만 이런 나무가 때로는 거친 태풍과 인간에 의한 벌목, 세균에 의한 감염 등으로 부러지거나 죽게 된다. 이렇게 부러지고 죽은 나무는 또 다른 외부의 영향에 의해 다른 형태로 바뀌게 된다. 본디 그대로의 모습은 사라지고 새로운 형태로 다시 태어나게 된다는 의미이다. 새로운 형태의 예로 인간이 사용하는 종이나 나무책상이 되기도 하고, 곤충의 서식처나 다시 자연의 일부가 되기도 한다. 이처럼 나무 그대로의 모습에서 외부의 영향에 의해 변해가고 또 새로운 형태로 나타나는 모습을 작품에서 표현하고자 하였다. 이러한 표현은 나무로 만들어진 INPUTO를 이용해 표현되며, 나무가 내하고자 하는 소리와 색 그리고 영상을 통해 나무의 입장에서 자연의 평온함, 아픔, 슬픔, 고통, 기쁨 그리고 몽환적인 느낌 등을 나타낸다.

2. 작품 구성

작품 <The Tree>는 크게 4부분으로 나누어져 있다. part-1은 나무의 자연 그대로를 이야기하고자 하였다. 있는 그대로의 나무의 심정 또는 자연의 평온함을 표현한다. part-2는 꿈틀거림 이라는 소재목으로 주변 환경에 의해 적응해가고 그에 맞게 자라나는 나무의 모습을 표현해 나간다. 그리고 이어지는 part-3의 고통은 인간이나 외부의 강한 압박에 의해 나무의 부러짐 또는 죽음을 이야기하고, 마지막으로 새로운 탄생 part-4는 나무가 파괴된 뒤 재활용되어 본질은 가지고 있지만 새로운 모습으로 외형이 바뀐 나무의 모습에서 기쁨, 공허함 또는 새로이 적응해가는 모습을 그려낸다. [표-1]은 작품을 구성하는 요소들을 나타낸 표이다. 각각의 part 사이에는 강한 비트의 테이프음악(tape music)을 두어 part의 구분을 두었다. 이는 갑작스럽게 찾아오는 일들을 의미한다.

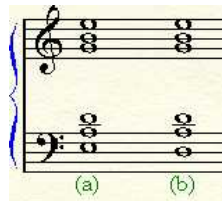
[표-1] 작품의 구성

시간	0:00~2:25	2:25~4:23	4:23~5:39	5:39~7:40
part	part-1 평온함 (원래의 모습)	part-2 꿈틀거림 (외부의 압박)	part-3 죽음 (파괴)	part-4 재탄생 (새로운 모습)
테이프음악	E.Guitar + Synth	E.Guitar + FM	E.Guitar + FM + Distortion	E.Guitar + Synth
INPUTO음색	sound-1	sound-2	sound-1 sound-2	sound-1 sound-3
영상	INPUTO의 LED에 의한 영상	sound-2에 의한 Audio Visualization	INPUTO의 컨트론크에 의한 영상	Mini INPUTO에 의한 Audio Visualization

1) 음악의 구성

① 테이프음악(Tape Music)

테이프음악에는 직접 녹음한 기타(guitar)사운드를 주 음원으로 사용하였다. 기타(guitar) 개방현의 음고는 [그림-6](a)처럼 E2, A2, D3, G3, B3, E4로 조율되는 것이 일반적이지만, 이 작품에서는 6번 줄을 한음 내려 [그림-6](b)에서와 같이 D2, A2, D3, G3, B3, E4로 조율하여 사용하였다. E2음을 D2음으로 내린 이유는 저음의 지속음(중심음)을 D2음으로 두어 D2와 A2사이에 완전5도, D2와 D3사이에 완전8도, D2와 G3사이에 완전4도로 하여 서로 간에 완전음정을 만들었다. 완전음정은 변하지 않고 굳건한 느낌과 안정된 느낌을 주는데 이런 느낌들을 통해 본디의 나무를 표현하였다.



[그림-6] 기타의 조율

또한 강렬하며 부드러운 음색을 만들기 위해 피크(pick)가 아닌 바이올린 활을 사용하여 녹음하였다. 활의 부드럽고 거친 운궁법은 자연을 표현한다. 테이프음악의 편집 작업은 Steinberg사에서 개발된 소프트웨어 Cubase를 이용하였으며 mixing과 mastering은 DigiDesign Protools를 사용하였다.

② INPUTO 소리

작품에 사용된 INPUTO와 Mini INPUTO를 활용한 소리는 크게 세 가지이다. sound-1은 자연의 몽환적이고 신비로움을 표현하기 위한 소리이다. 이는 part-1과 part-4에 나타난다. 그리고 sound-2는 압박과 고통을 표현하기 위한 소리이다. 자연의 평온한 상태에서 외부의 압박을 비유하였다. 거칠고 강력한 일그러짐의 느낌으로 나타내었다. sound-2는 part-2와 part-3의 주요 소리로 사용된다. sound-3은 Mini INPUTO에만 활용된다. Mini INPUTO는 part-4에서 무용수가 들고 등장하는데 이는 새로운 환경에서의 공허함과 기쁨 또는 슬픔을 표현하였다. 그리고 새로운 모습에서 나타나는 신비함도 나타내었다. Mini INPUTO의 음색은 주로 고음의 소리로 딜레이와 잔향효과를 이용하여 여운을 남게 하였다.

[표-2] 파트별 INPUTO의 사운드 구성

	part-1	part-2	part-3	part-4
INPUTO	sound-1	sound-2	sound-2	sound-1
Mini INPUTO				sound-3

2) 영상의 구성

part-1의 영상은 신비롭고 평화로운 자연의 상태를 표현하고자 하였다. 작품의 처음 도입부분은 암전상태에서 LED의 빛으로만 나타내다가 part-1의 1분 후부터 LED의 빛이 퍼져 영상을 만든다. 이는 조금씩 퍼지다가 LED의 많은 빛을 받으면 나무의 눈이 되기도 한다. 눈이 없는 나무의 눈

이 되어 앞으로 일어날 나무의 일들에 대해 나무의 시각에서 바라보아 마치 나무가 된 듯 나무의 감정을 이야기하려 하였다. part-2에서는 외부의 압박이 점차 가해지는 모습을 보여준다. INPUTO의 소리에 의해 갈라지고 찢어지는 듯한 모습을 나타내었다. part-3에서는 part-2에 비해 사실적이고 강력한 색으로 표현된다. INPUTO의 LED와 같은 색을 나타내어 INPUTO와 영상이 하나가 됨을 보여주며 이런 고통이 나무의 고통임을 나타내었다. part-4에서는 다시 태어난 나무의 느낌을 나타내었다. 고통스러웠던 여운과 새로운 모습에 나타나는 신비로움을 나타내려고 하였다.

3) 무용수와 조명의 구성

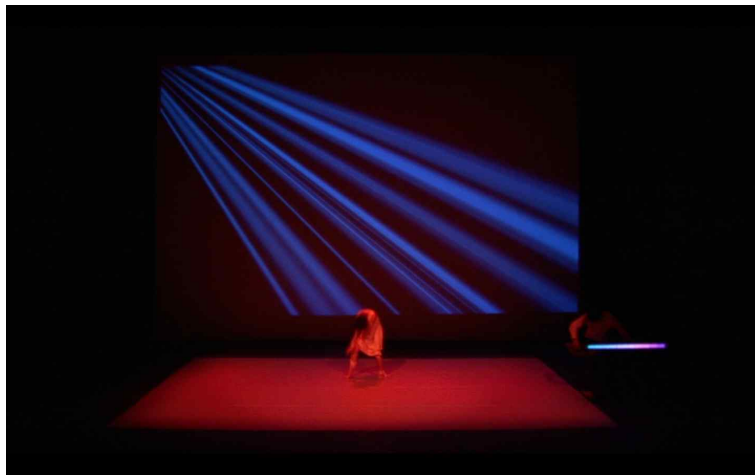
[표-3] 무용수와 조명의 구성

part	시간	조명	무용수
part-1 0:00~2:25	0:00	암전	웅크린 상태에서 기지개를 펴듯 천천히 움직인다. 나뭇가지가 뻗어 나오듯 아주 느리고 강하게 움직인다.
	0:44~0:50	blue + purple fade in 40%	
	4:11	blue + purple 80%	
part-2 2:25~4:19	4:23	암전	외부의 영향에 의해 놀라면서 조금씩 빠르게 움직이고 점점 고통을 표현한다.
	4:42~4:50	red fade in 40%	
part-3 4:19~5:39	5:37	red 100%	강한 고통에 의해 부러질 듯한 몸을 표현한다. 무대를 최대한 넓게 사용하며 4:40초 암전상태에서 퇴장한다.
	5:39	blue + purple cross fade	
part-4 5:39~7:40	7:30	fade out	Mini INPUTO를 가지고 서서히 등장한다. 신비로운 모습을 나타내고 새로운 모습에 대한 느낌을 타나낸다.

조명의 구성은 테이프음악의 시간에 따라 구성된다. 각 part와 part사이에 암전을 사용하여 극의 확연한 변화를 느끼게 하였다. 그리고 blue와 purple의 색을 사용해 신비롭고 평화로운 느낌을 자아내었다. 무용수는 각 part의 느낌을 살려 안정되고 고통스러운 느낌을 자유롭게 표현하게 된다.

3. 무대의 구성

[그림-7]에서와 같이 무대에는 한 명의 무용수와 한 명의 INPUTO연주자가 작품을 표현하게 된다. part-1에는 카메라를 이용하여 촬영된 INPUTO의 LED빛이 컴퓨터를 통해 프로젝터에 영사된다. 또한 [표-3]에서와 같이 무용수는 무대 중앙에서 강하지만 느린 움직임으로 깨어나는 느낌을 보여준다. part-2에서는 안무의 영역을 점차 넓혀가며, part-3에서는 무대 위의 영역을 모두 활용하여 급박함과 고통을 표현하게 된다.



[그림-7] 실제 공연모습

III. 기술적 연구 및 적용

1. 인터페이스(INPUTO) 제작 연구

Interface INPUTO의 제작에서 가장 중점을 둔 것이 작곡가와 연주자의 감정전달이다. 나무의 입장에서 나무의 눈과 귀가 되어 나무가 느끼는 감정을 전달하여 관객이 좀 더 쉽게 작품을 이해하도록 하기 위해 INPUTO를 활용하였다. INPUTO는 LED와 데이터 통신이 동시에 일어남으로써 음악적인 표현, 영상적인 표현, 시각적 효과를 동시에 발생시키고 있다. 이렇게 데이터 통신인 디지털신호와 LED를 활용하기 위한 아날로그신호를 동시에 발생시키기 위해선 마이크로 컨트롤러(micro controller)¹¹⁾가 필요하다. 이러한 이유에서 마이크로 컨트롤러를 사용한 Arduino¹²⁾를 사용한다. Arduino를 사용하여 하드웨어인 LED를 제어하고 데이터를 전송하여 컴퓨터와 언어를 주고받아 INPUTO의 예술적 표현을 가능하게 하였다.

1) 아두이노(Arduino)를 활용한 인터페이스 제작

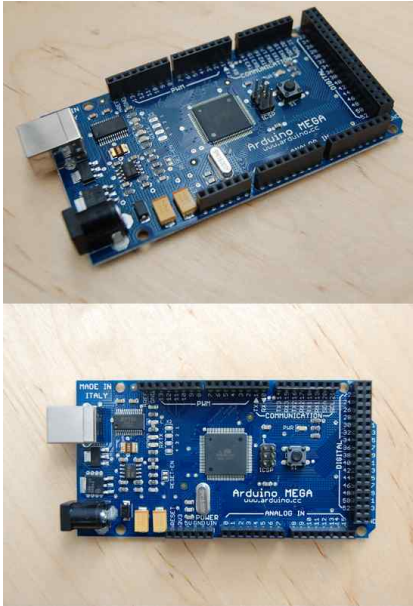
Arduino는 오픈소스를 기반으로 한 피지컬 컴퓨팅 플랫폼으로 AVR을 기반으로 한 보드와 소프트웨어 개발을 위한 통합 환경(IDE)¹³⁾을

11) PC에 쓰이는 일반 목적의 마이크로프로세서와는 반대로 높은 집적, 낮은 전력 소비, 비용 절감, 자동 처리를 강조하는 마이크로프로세서의 일종이다.

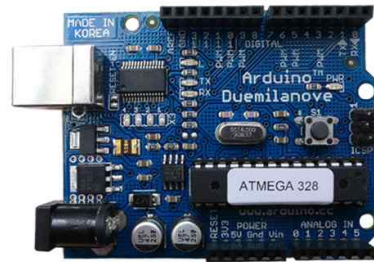
12) 마이크로컨트롤러 보드이다. atmega168을 이용하고 부트로더를 이용해 다른 장비가 없어도 컴퓨터의 usb 나 시리얼포트로 프로그램을 구동할 수 있게 만들어 놓았다.

13) 코딩, 디버그, 컴파일, 배포 등 프로그램 개발에 관련된 모든 작업을 하나의 프로그램 안에서 처리하는 환경을 제공하는 소프트웨어이다.

제공한다. 연주자가 느끼는 나무의 감정을 센서로부터 값을 받아들이며, LED나 모터를 통제함으로써 환경과 상호작용이 가능한 물건을 만들고 컴퓨터와 실시간 연동하기 위해 Arduino를 사용하였다.



(a) Arduino MEGA



(b) Arduino Duemilanove

[그림-8] Arduino MEGA와 Arduino Duemilanove

Arduino의 종류는 Arduino MEGA, Arduino mini, Arduino Duemilanove, 이렇게 크게 3종류로 나뉘는데 큰 차이점은 데이터의 처리능력이다. 즉, Arduino MEGA는 [그림-8]에서 보는 것처럼 Arduino Duemilanove보다 핀의 개수가 많고 크기도 큰 것을 확인할 수가 있다. 아날로그 인 단자에 센서의 데이터 값이 들어가면 미리 짜두었던 프로그램에 의해 센

서에 의한 동작과 그 데이터를 컴퓨터로 보내는 역할을 한다. INPUTO에는 12개의 센서(touch 3개, slide, push, distance, see laser, light, nob 2개, tilt(2D))가 사용되는데 Arduino Duemilanove는 입력단자가 6개밖에 되지 않아 12개의 센서를 사용하기 위해 입력단자가 15개인 Arduino MEGA를 사용하였다. 한편 6개의 센서가 사용되는 Mini INPUTO의 경우 3D sensor와 touch sensor 3개를 사용하였다. Mini INPUTO에는 센서가 6개만 사용되었기 때문에 [그림-8](b)의 Arduino Duemilanove를 사용하였다.

2) INPUTO소리의 Audio Visualization을 위한 LED

RGB LED는 나무가 느끼는 감정의 표현을 INPUTO가 RGB LED를 통해 시각적으로 표현하기 위하여 사용하였다. RGB LED는 터치센서(touch sensor) 3개를 이용하여 각각 red, green, blue를 나타내었으며 각각의 신호들은 Arduino에 업 로드된 명령어에 따라 LED에 반응된다. Arduino의 아웃풋 출력전압은 5V이다. 5V전압으로 RGB LED를 사용하기 위해 ITP-20506-TO2 모델의 LED를 사용하였다.

[표-4] Forward Voltage

(Ta = 25℃)					
Rank	Test Condition	Color	Min.	Max.	Unit
1	IF = 20mA (Per Die)	Red	1.9	2.4	V
		Green	3.0	3.6	
		Blue	3.0	3.6	

※ 0.05V tolerance for the forward voltage may be caused by measurement inaccuracy.

[표-4]는 ITP-20506-TO2 LED의 Forward Voltage¹⁴⁾를 나타낸다.

Arduino의 아웃풋 출력전압이 5V이기 때문에 안정적인 전압 공급을 위해서는 저항이 필요하다. LED의 중간전압인 3.3V를 VF¹⁵⁾로 보고 다음 식에 따라 계산하면 1.8V가 된다.

$$5V - 3.3V = 1.8V$$

즉, 1.8V의 저항이 필요하며, 다음 식에 따라 90Ω의 저항을 사용하였다.

$$1.8V / 0.02A = 90\Omega$$

RGB LED에서 green과 blue는 V가 같지만 red는 다르기 때문에 90Ω의 저항을 green과 blue에 달아주었으며, red는 위의 계산법에 따라 140Ω을 사용하였다.

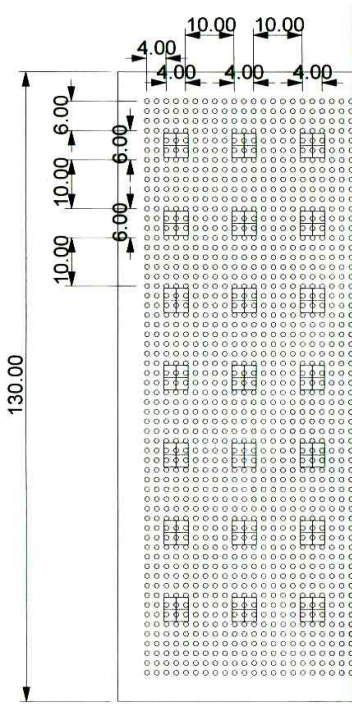
$$5V - 2.2V = 2.8V, 2.8V / 0.02A = 140\Omega$$

[그림-9]는 LED의 배열을 보여준다. INPUTO의 LED 패널 길이는 총 120cm이며, LED의 그라데이션(gradation)¹⁶⁾을 위하여 10단계로 나누어 LED판을 제작하였다. Mini INPUTO에는 8개의 LED 패널을 넣었다. 한 개의 패널에는 총 21개의 LED가 들어가 있으며 패널의 세로길이는 12cm이다. INPUTO 전체에 사용된 LED는 210개이며 전력 공급을 위하여 9V 400mAh 건전지 두 개를 병렬로 연결하여 사용하였다.

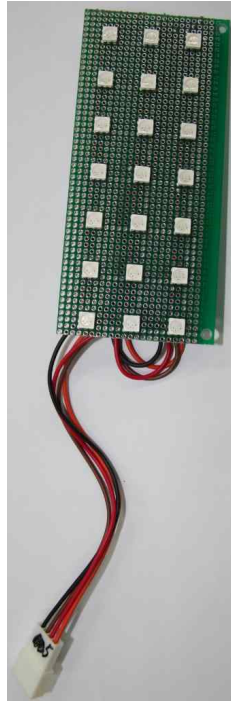
14) 순전압(順電壓)

15) 순방향 전압 강하

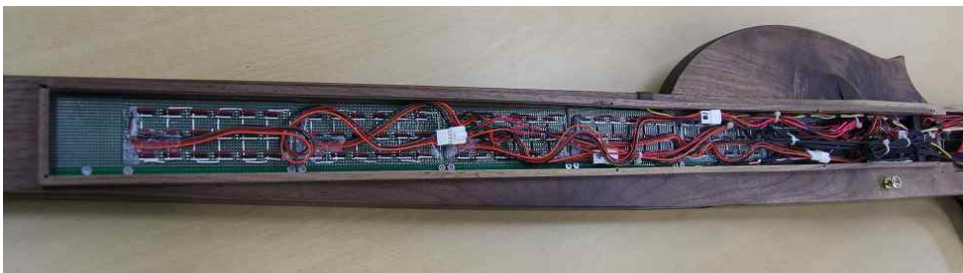
16) 단계적으로 일관성 있게 변화를 주는 방법으로, 한 가지 요소를 점층적으로 확대하거나 반대로 축소함으로써 변화를 가져오게 하는 방법이다.



(a) LED 패널의 도면



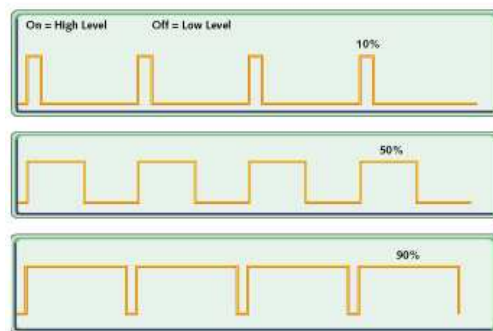
(b) LED 패널



(c) INPUTO 내부의 LED 패널

[그림-9] LED 배열

LED는 Arduino에서 PWM(pluse width modulation)¹⁷⁾신호를 받아 빛으로 나타난다. PWM은 프로세서의 디지털 출력으로 아날로그 회로를 제어하는 기법이다. [그림-10]은 서로 다른 세 개의 PWM을 보여준다. 맨 위의 그림은 10%일때의 PWM 출력을 보여준다. 즉, 주기의 10%동안만 신호가 ON이고 나머지 90%동안은 신호가 OFF이다. 그리고 아래 두 그림은 각각 50%와 90%일 때 PWM출력을 보여준다. 이 세 가지 PWM출력은 전체 강도의 10%, 50%, 90%의 서로 다른 아날로그 신호를 인코딩한다. 예를 들어 9V로 전원 공급이 이루어지고 PWM출력이 10%라면, 그 결과 0.9V의 아날로그 신호가 나온다. INPUTO는 5V로 전원이 공급되기 때문에, 10%의 경우 0.5V가 나오게 되는 것이다. 즉, PWM을 이용하여 LED의 밝기를 조절 할 수 있다.



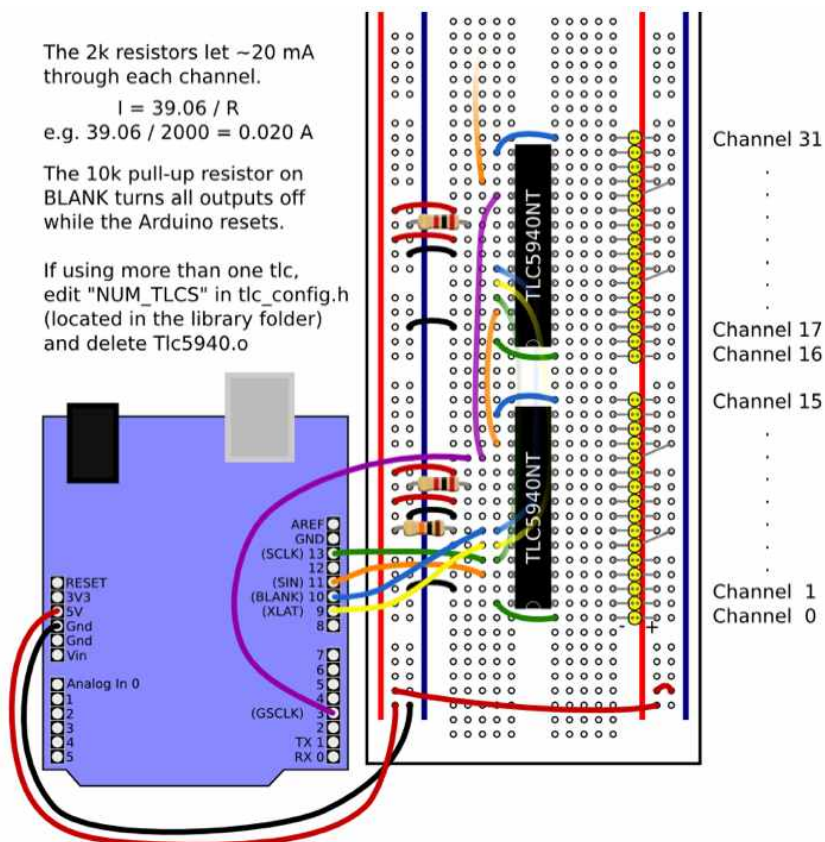
[그림-10]¹⁸⁾ duty cycle에서의 PWM신호

Arduino MEGA는 최대 14채널의 PWM 출력 단자를 가지고 있다. 하지만 한 LED 패널당 RGB로 각각 전달되어지는 PWM신호는 3개가

17) 펄스 폭(幅) 변조.

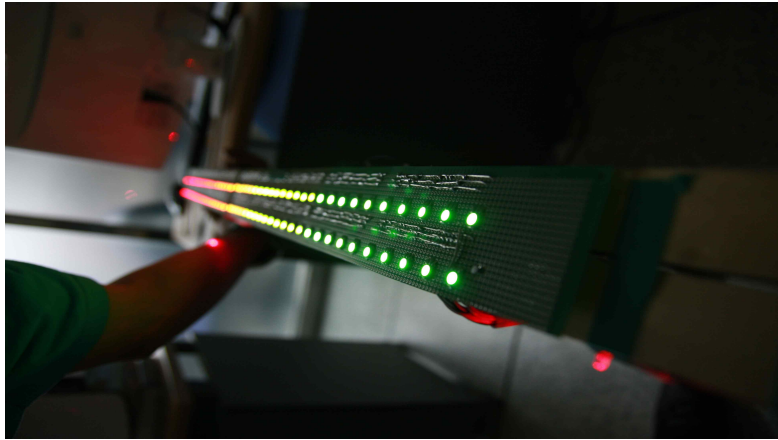
18) Michael Barr, "Introduction to Pulse Width Modulation(PWM)" (O'Reilly Network, 2003) 참조

필요하다. 총 10개의 LED패널이 있으므로 30채널의 PWM이 필요하고, 30채널의 PWM신호를 보내주기 위해 TLC5940칩을 사용하였다. TLC5940은 하나의 칩당 16채널로 각각 신호를 보내주게 된다. INPUTO는 30채널이 필요하므로 [그림-11]과 같이 2개의 TLC5940칩을 사용하였다. [그림-12]는 TLC5940을 사용하여 LED를 연결한 모습이다. Mini INPUTO는 8개의 LED패널을 사용하여 24채널이 필요하기 때문에 INPUTO와 같이 2개의 TLC5940칩을 사용하였다.



[그림-11]¹⁹⁾ TLC5940과 Arduino의 연결

¹⁹⁾ Arduino 홈페이지 TLC5940참조



[그림-12] INPUTO LED

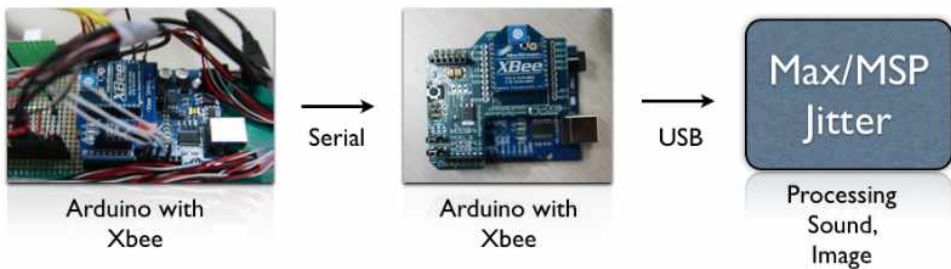
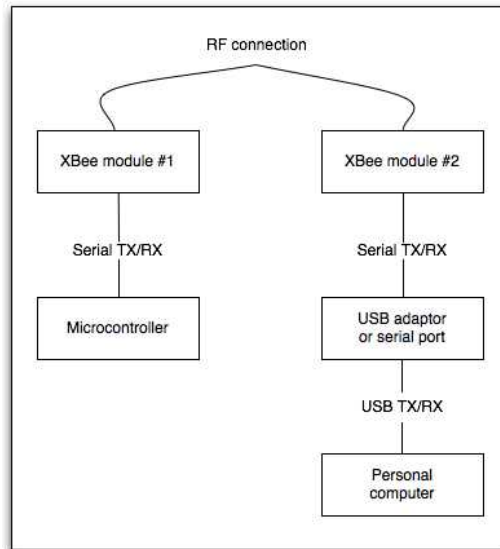
3) INPUTO 무선 시리얼 통신(Xbee)

연주자의 자율성과 유기적인 움직임은 위하여 무선통신을 사용하였다. INPUTO의 센서 값들은 Arduino에 연결된 무선 Xbee²⁰⁾통신을 통해 메인 컴퓨터로 보내진다. Xbee가 통신하기 위해서는 두 개 이상의 Xbee가 필요하다. 하나는 송신부 역할을 하고 하나는 컴퓨터에서 USB로 직렬통신(serial communication)²¹⁾하는 수신역할을 한다. Xbee는 하나 또는 여러 개의 Xbee를 수신부 역할로 사용하여 무선으로 신호를 주고받을 수 있다. Xbee를 통한 무선 데이터 전송의 최대 거리는 90m(실내는 30m)이다. [그림-13]에서처럼 Xbee는 모듈사이에 RF

20) 저속 전송 속도를 갖는 홈 오토메이션 및 데이터 네트워크를 위한 표준 기술

21) 컴퓨터와 컴퓨터 간 또는 컴퓨터와 주변 장치 간에 데이터 비트 흐름이 한 주기에 하나씩 순차적으로 전송되는 통신

connection을 통해 데이터를 주고받으며, 직렬통신을 통하여 INPUTO의 마이크로컨트롤러와 컴퓨터를 연결해준다.

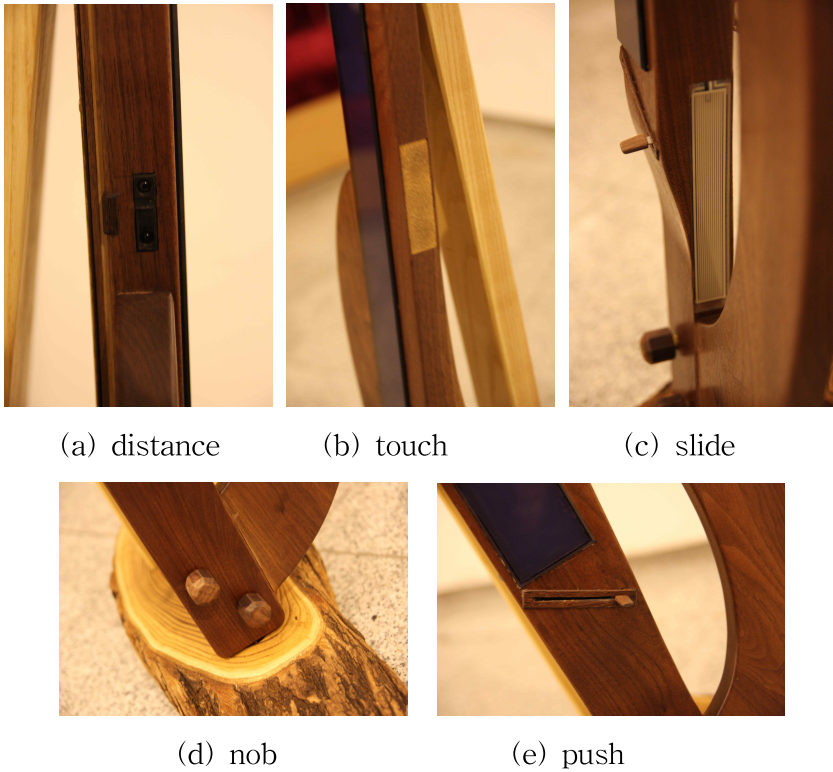


[그림-13] Xbee 신호 흐름도

4) INPUTO의 센서(sensors)와 작품에서의 적용

INPUTO에 사용된 센서는 slide, touch, tilt, distance, push, nob, see

laser이며, Mini INPUTO에는 touch와 3D(X, Y, Z)센서가 사용되었다.



[그림-14] INPUTO에 장착된 센서들

[그림-14](a)는 거리를 감지하는 센서이다. INPUTO의 옆 부분에 장착되었으며 연주자가 손을 위 아래로 움직이면 손의 거리에 따라 데이터가 추출된다. [그림-14](b)는 터치센서 3개가 코르크 마개 안쪽에 부착되어있다. 연주자는 검지, 중지, 약지를 이용하여 살짝 파인 부분을 느낄 수 있다. 이 부분을 누르면 터치의 강도에 따라 LED RGB색의 밝기가 달라진다. [그림-14](c)의 slide 센서는 위를 터치하게 되면 그

위치 값을 감지하게 된다. INPUTO 아래쪽 하단 부분에 장착하여 오른손으로 터치 할 수 있게 만들어 졌다. 각 파트의 구성에서 센서들의 활용은 작품을 표현하는데 있어 매우 중요한 역할을 한다. 터치센서는 INPUTO LED의 RGB색을 나타냄과 동시에 part-2에서 INPUTO의 소리에 영향을 준다. [표-5]는 센서에 의해 데이터가 어떻게 표현되는지를 보여주고 있다.

[표-5] INPUTO의 sensor에 의한 데이터 활용

센서	소리	영상	INPUTO
touch-1	sound-2의 comb filter, delay time	part-3의 red	red LED
touch-2	sound-2 filter의 Q값	part-3의 green	green LED
slide	sound-1 pitch	part-3의 blue	blue LED
push	sound-1/2 select	-	-
distance	sound-2의 AM(depth)	-	-
tilt X	sound-1 flanger sound-2 granular semitone offset	blur	-
tilt Y	sound-1 AM(depth)	part-2,3 영상의기울기	-
nob-1	-	영상1/2 선택	-
nob-2	-	영상3/4 선택	-
light/see laser	-	-	On/Off

터치센서는 sound-2에서 노이즈를 걸러내는 필터의 위치와 그 범위를 정하고, 그레놀러합성(granular synthesis)사운드의 음고를 실시간 조절하여 음색을 만들어 낸다. 터치센서는 동시에 3개까지 동작하여 혼

합된 음색을 만들기도 한다. slide센서는 sample된 소리의 음고를 pitch shift를 활용하여 바꾸며, 이때 간격은 반음으로 slide센서의 데이터 값과 일치한다. 그리고 기울기센서의 X축은 플랜저(flanger) 효과를 Y축은 AM(Amplitude Modulation)²²⁾효과를 주도록 활용되었다. 또한 거리센서는 AM효과를 주어 INPUTO만으로 실시간 프로세싱에 의한 여러 음색을 만들 수 있도록, 노브 센서는 연주자가 직접 영상을 제어할 수 있도록 제작되었다. push센서는 sound-1과 sound-2의 음색을 선택할 수 있도록 만들어졌다.

[표-6] Mini INPUTO의 sensor에 의한 데이터 활용

센서	소리	Mini INPUTO
touch-1	-	red LED
touch-2	-	green LED
touch-3	-	blue LED
3D(X)	sound-3 tempo speed	-
3D(Y)	flanger	-
3D(Z)	AM(depth)	-

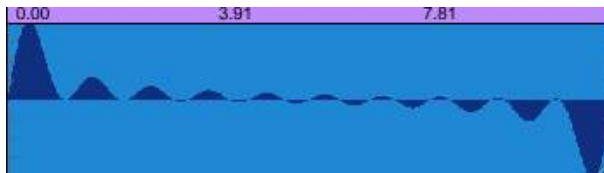
[표-6]에와 같이 Mini INPUTO는 3개의 터치센서를 사용하였는데 터치센서는 LED의 색만을 내기 위하여 사용하였다. 무용수가 무용을 하며 자유롭게 버튼을 누르기 힘들기 때문이다. 대신 움직임이 많은 무용수는 3D센서를 활용해 자유자재로 INPUTO를 움직이며 자연스럽게 소리를 표현한다. Mini INPUTO는 part-4에서만 사용이 된다. INPUTO만으로 표현을 하던 part-1, 2, 3과는 달리 무용수의 감성과 Mini INPUTO의 빛과 소리에 의해 신비롭고 새로운 느낌을 표현한다.

²²⁾ 음량(진폭)의 크기를 LFO 등의 신호로 컨트롤(변조)하는 방법이다.

2. INPUTO에 의한 소리제작과 제어

1) INPUTO sound-1 소리제작

[그림-15]는 합성된 소리의 파형이다. 이 파형을 샘플(sample)로 pitch shift²³⁾의 sound processing을 이용하여 음고를 고르게 표현하였다. 그 이후 comb filter²⁴⁾와 flanger²⁵⁾를 활용해 독특한 음색으로 만들어 주었다.



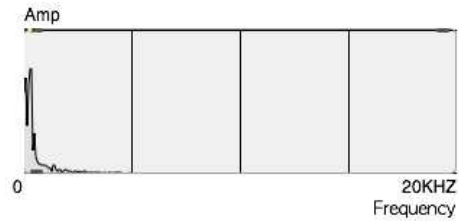
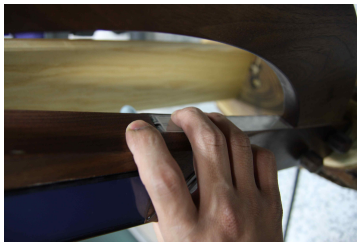
[그림-15] sample wave

[그림-16](a)는 slide센서의 하단을 터치할 경우 발생하는 소리의 특징을 나타낸다. 하단 부분은 저 음역 부분에서 소리가 발생되고 있음을 알 수 있다. [그림-16](b)에서처럼 중간 부분을 터치하였을 경우에는 음들이 comb filter에 의해 빗살 모양으로 변형되며, 중·저음역 대에서 소리가 발생되고 있다. 그리고 상단 부분은 전음역대에 고루 퍼져있음을 보여준다. INPUTO가 발생시키는 sound-1 소리의 음역 대를 slide 센서의 하단에서 상단까지 나뉘어져 컨트롤하고 있다.

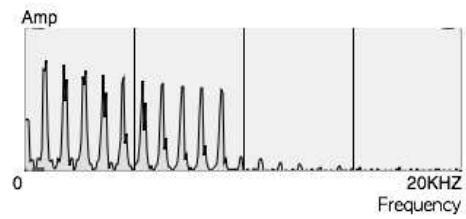
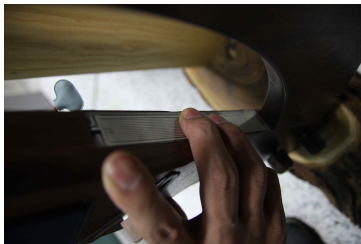
23) 음의 높낮이를 변화시킴

24) 주파수영역에서 선택감쇠 특성이 빗살과 같은 필터

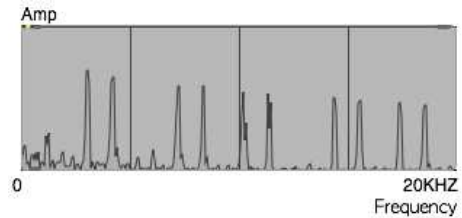
25) 입력된 음을 약간 지연시켜 다시 원음으로 보내어서 생기는 효과



(a) Slide 센서의 하단 부분 터치할 경우 Frequency Domain



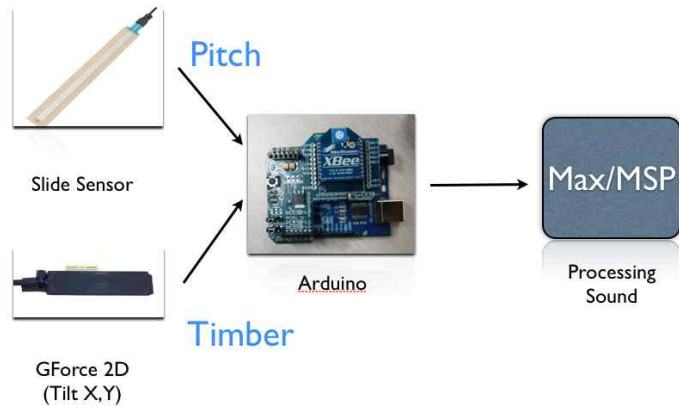
(b) Slide 센서의 중간 부분 터치할 경우 Frequency Domain



(c) Slide 센서의 상단 부분 터치할 경우 Frequency Domain

[그림-16] Pitch에 따른 Frequency 변화

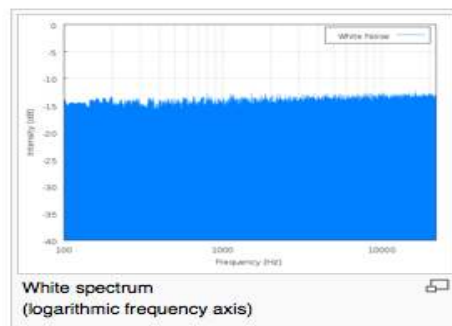
[그림-17]는 part-1, 4에 사용되는 sound-1의 신호 흐름도이다. 슬라이드센서와 기울기센서가 표현해내는 sound-1은 [그림-21]의 sound-2와는 다르게 소리로만 표현된다.



[그림-17] 슬라이드, 기울기센서에 의한 신호 흐름도(sound-1)

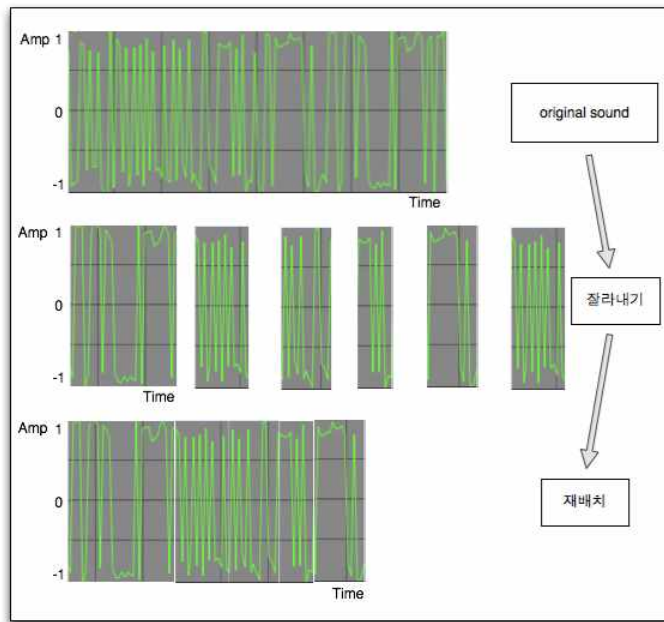
2) INPUTO sound-2 소리제작

INPUTO의 sound-2의 음색은 외부의 압박(인간)을 표현하기 위한 것으로 강렬한 음색을 특징으로 한다. 강하고 거친 음색을 만들기 위하여 noise와 comb filter 그리고 그래놀러합성을 사용하였다. [그림-18]처럼 전 주파수대역에 고루 퍼져있는 noise sound를 사용 한 뒤 filter를 이용하여 원하는 주파수의 소리들을 걸러내었다.



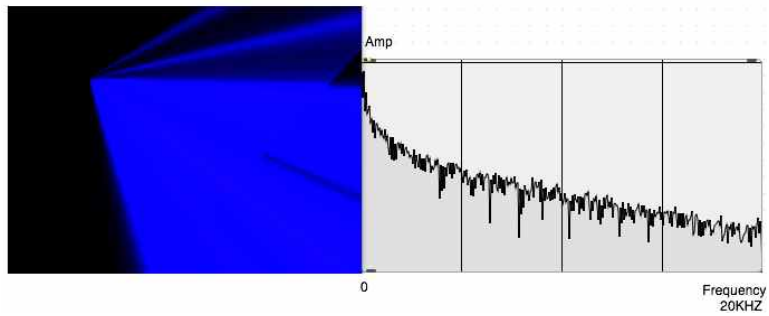
[그림-18] white noise spectrum

걸러낸 소리는 comb filter를 사용하여 음색을 만든다. 이후 그레놀러 합성을 이용하여 거칠고 강한 음색을 더해준다. 그레놀러합성은 comb filter 거친 소리를 sample화하여 1에서 50ms의 단위로 잘게 나눈다. [그림-19]에서와 같이 잘게 잘린 파형들을 재배치하여 합성을 한다.

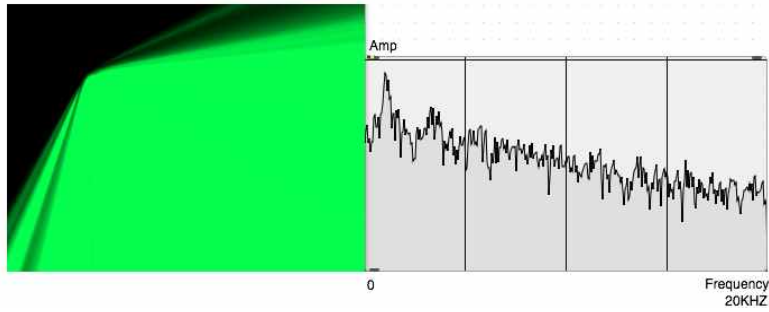


[그림-19] granular synthesis

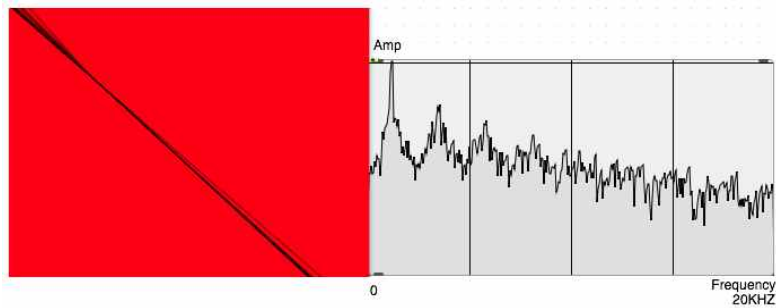
[그림-20]처럼 3가지 터치센서에 의해 영상과 사운드 spectrum에 변화가 나타난다. blue는 저음역에 많이 분포함으로써 강력한 저음의 거침을 나타내고 있고, green은 전음역대에 고루 분포되어 noise와 비슷한 음색을 나타내며, red는 특정한 구간에 음들이 두드러져 green보다 더 날카로운 음색을 특징으로 한다.



(a) Blue Touch Sensor

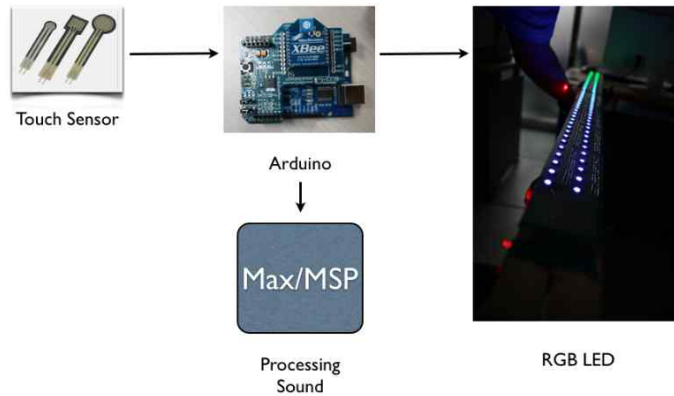


(b) Green Touch Sensor



(c) Red Touch Sensor

[그림-20] RGB Touch Sensor에 따른 noise sound의 Spectrum변화



[그림-21] 터치센서에 의한 신호 흐름도 (sound-2)

[그림-21]은 part-2, 3에 사용되는 sound-2가 발생하는 신호 흐름도이다. 터치센서의 데이터가 Arduino로 보내져 RGB LED로 색을 표현하고, Xbee에 전송된 데이터는 Max/MSP에서 소리로 표현이 된다. INPUTO의 빛과 컴퓨터로 재생되는 소리가 동시에 나타나면서 나무가 나타내는 색과 소리를 전달해 준다.

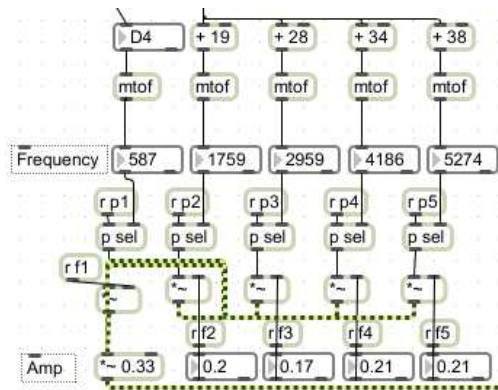
3) INPUTO sound-3 소리제작

Mini INPUTO를 활용한 sound-3 소리 역시 sound-1과 비슷한 방법으로 제작되었다. 하지만 샘플방식이 아닌 5개의 오실레이터(oscillator)를 이용한 가산합성(additive synthesis)²⁶⁾을 사용하였다. 각각의 주파수는 D3음을 중심으로 온음 음계(whole-tone scale)²⁷⁾를 사용하여 D2음 중심으로 된 테이프음악의 안정되고 몽환적인 느낌을 새롭게 표현해낸다.

26) 여러 주파수의 합성을 이용하여 만들어진 가산합성음.

27) 온음 연속에 따라 이루어지는 6음 구성의 스케일(음계)을 가리킨다.

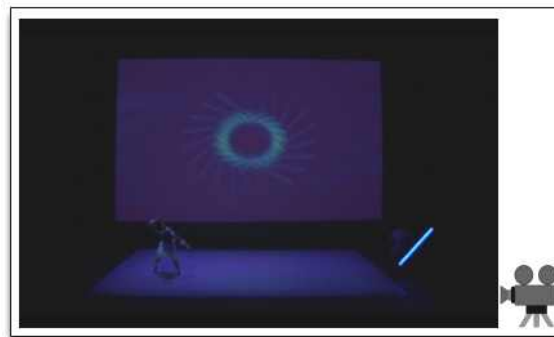
[그림-22]는 D4음을 사용하였을 때 나타나는 5개음의 주파수 대역과 음량 값을 보여주고 있다. 각각의 음량 값은 Mini INPUTO의 기울기에 따라서 조금씩 변화되고 있다.



[그림-22] 5개의 오실레이터를 이용한 Additive Synthesis

3. INPUTO에 의한 영상제작과 제어

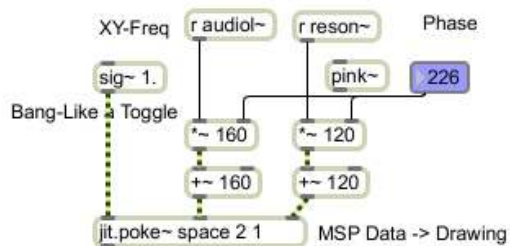
1) 카메라와 LED를 이용한 영상



[그림-23] 카메라를 활용한 part-1의 공연모습

[그림-23]은 part-1에 사용되는 영상의 일부이다. 작품에서 이 부분은 평화롭고 안정된 부분으로, 영상 역시 부드럽고 신비감을 주도록 표현되었다. 그래서 은은함이 특징인 LED를 이용한 영상을 제작하였다. 암전 상태에서 작품이 시작되고 [그림-23]에서처럼 INPUTO의 LED 불빛이 카메라가 인식하게 되면 그 영상은 컴퓨터에 전달된다. 카메라를 통해 LED 불빛만 보이는 영상은 Jitter로 전달되어 중앙을 중심으로 회전된 영상이 만들어진다. 그렇게 되면 [그림-23]에서처럼 중앙부분이 원 모양 형태가 만들어지게 된다. 둥근 형태의 모양은 LED의 양과 위치에 따라 형태가 조금씩 변화되어 몽환적인 느낌을 가져다준다.

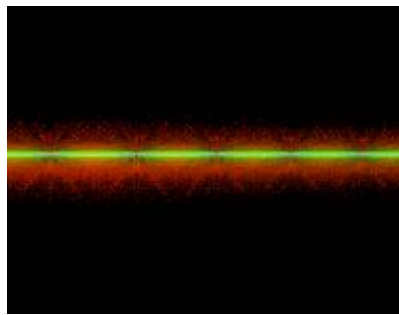
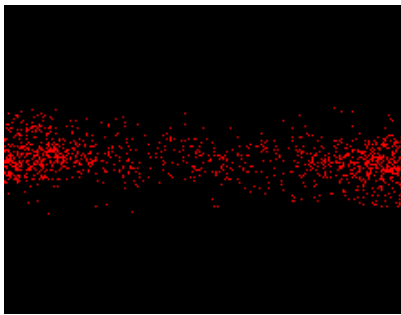
2) INPUTO의 소리에 의한 Audio Visualization



[그림-24] jit.Poke~ 를 활용한 패치

작품에서 part-2부터는 외부의 영향에 의한 고통을 표현하고 있다. 사운드가 상당히 거칠게 몰아치며 표현되는 부분이다. 영상은 소리에 의해 발생하는 인터랙티브한 효과를 얻기 위하여 사운드에 반응하는 audio visualization을 이용하였다. Max/MSP, Jitter의 object 중 jit.Poke~를 활용하여 INPUTO가 발생시키는 sound-2 소리를 점으로 그려주었다. [그림-25](a)는 jit.Poke~를 활용한 초기 영상의 모습이다. 작은 점들

로 구성되어진 모습이다. 이 영상에 피드백(feedback)을 적용해 [그림-25](b)처럼 나타나게 만들었다. 피드백 효과는 점들로 이루어진 영상에 다시 그 점들이 채워짐으로써 점에서 선으로 선에서 면으로 연결 되는 모습을 보여준다. 그리고 마지막으로 [그림-25](c)에서와 같이 블러(blur) 효과를 주어 part-2에 어울리는 영상을 만들었다.



(a) jit.Poke~를 활용한 첫 번째 영상

(b) Feedback



(c) Color와 Blur를 이용한 영상

[그림-25] jit.Poke~ 를 활용한 영상

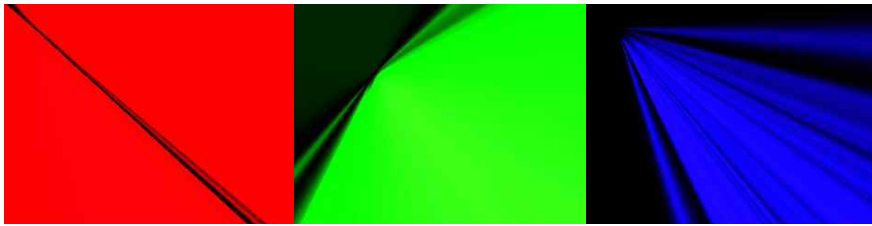
3) INPUTO에 의한 Image변화

[그림-26]은 part-3에 사용된 그림파일로 중앙의 둥글고 투명한 부분만이 이미지로써 활용된다. 이 이미지는 INPUTO의 컨트롤에 따라 실시간 변화되도록 구성되었다. 2차원적인 이미지에서 3차원 영상을 만들기 위해 아래의 [그림-26]를 3차원 영상에 올린 후 Z축으로 길게 늘였다. 그러면 마치 [그림-27]의 (c)처럼 긴 봉처럼 보이게 되는데 이를 여러 개 이용하여 한 지점을 향해 몰리는 느낌을 나타내었다. 한 지점을 향해 집중이 되면서 나타나는 찢리거나 찢어지는 느낌은 part-3에서의 압박과 고통을 나타내었다.



[그림-26] part-3에 사용된 이미지

[그림-26]의 둥글고 투명한 부분에 INPUTO의 터치센서에 의한 RGB 값을 보낸다. 3개의 값은 첫 번째 센서가 red, 두 번째 센서가 green, 세 번째 센서가 blue를 표현하게 된다. 2개의 센서가 동시에 동작하게 되면 [그림-27]의(d), (e), (f)처럼 두 가지의 색이 섞여 보라색, 노란색, 청록색으로 표현되게 된다. 또한 3개의 센서가 모두 동작하게 되면 (g)처럼 삼원색의 합인 흰색이 나오게 된다.



(a) Red

(b) Green

(c) Blue



(d) Purple

(e) Yellow

(f) Blue Green



(g) White

[그림-27] INPUTO에 의한 색상의 변화

4) 영상의 Blur효과

기울기센서를 이용하여 blur효과를 나타내었다. blur효과는 자연적인 느낌의 신비롭고 몽환적인 느낌을 주기위해서 사용되었다. [그림-28]

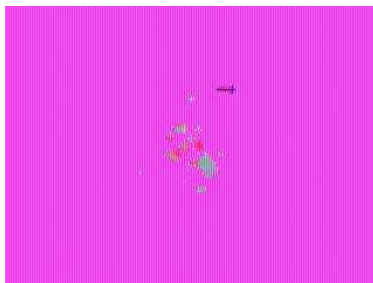
은 INPUTO에 의해 나타나는 영상들이다. INPUTO의 기울기에 따라 영상의 blur효과는 실시간 다르게 표현되고 있다. [그림-28](a)와 (b)는 part-2에 사용되는 영상으로 blur효과가 사용될 때와 사용되지 않을 때의 차이를 보여주고 있다. [그림-28](c)와 (d)는 part-4에 사용되는 영상이다. 역시 blur효과를 이용하여 부드럽고 몽환적인 분위기를 표현한다.



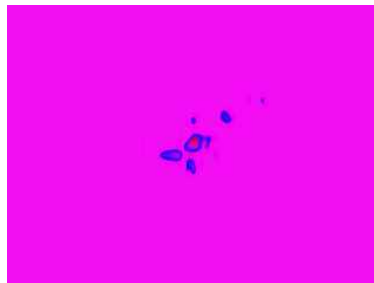
(a) part-2의 영상



(b) part-2영상의 Blur효과



(c) part-4의 영상

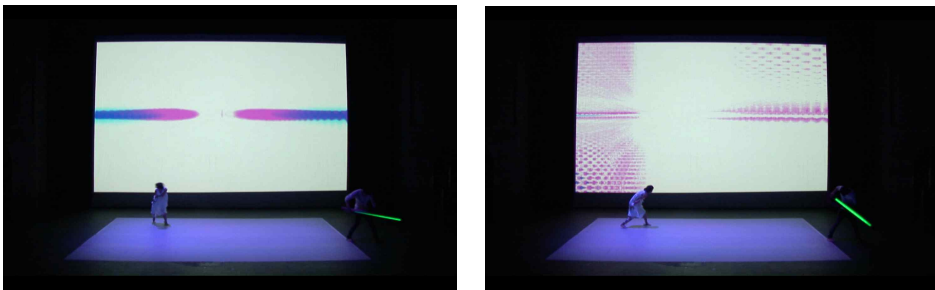


(d) part-4영상의 Blur효과

[그림-28] part-2와 part-4의 Blur효과

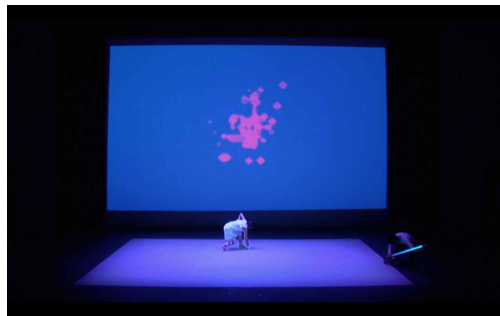
part-2는 INPUTO의 sound-1에 의해 반응되는 영상이다. INPUTO 터치센서의 신호를 컴퓨터에서 받아 만들어진 소리와 영상은 외부의 영향에 의해 상처가 나는 모습을 표현하고 있다. 무용수는 이리저리 움직이

면서 고통을 호소하고 INPUTO 연주자는 조금씩 과격하게 INPUTO를 움직인다. 이때 INPUTO의 기울기센서에 의해 blur효과가 실시간으로 일어나면서 [그림-29]에서처럼 INPUTO의 기울기가 평행한 상태 일 때는 정적인 영상이 만들어지고 기울었을 때에는 외부의 영향에 의한 고통을 받는 영상을 표현하고 있다.



[그림-29] part-2의 실제 공연장면

그리고 Part-4에서는 INPUTO의 sound-2에 의하여 실시간 반응 하는 모습을 볼 수 있다. sound-2는 [그림-30]에서와 같이 슬라이드센서에 의해 소리가 발생되고 이 소리는 영상으로 표현해준다.



[그림-30] part-4의 실제 공연장면

5) INPUTO에 의한 영상의 Fade In/Out

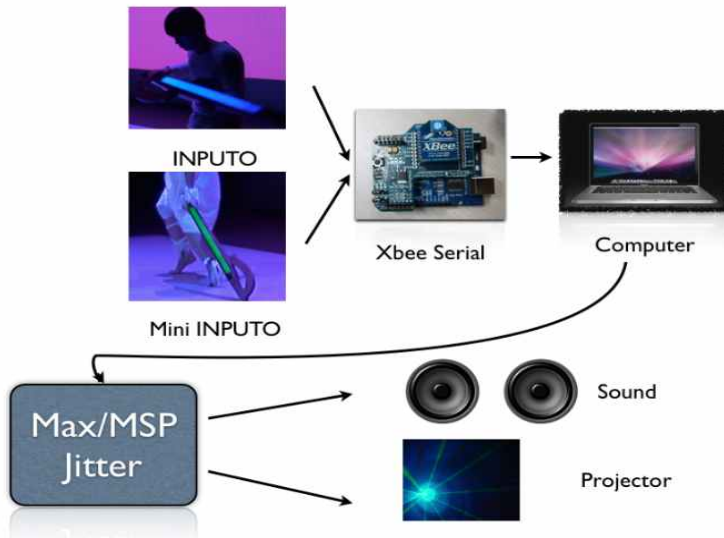
part-1은 암전 상태에서 서서히 깨어나서 평온한 상태를 보여주고 있다. 이 부분을 표현하기 위하여 조명과 영상이 서서히 밝아지는데 이를 표현하기 위해 fade in을 사용하였다. 또한 거칠었던 자연적인 상태에서 점점 부드러워지는 느낌의 blur의 효과도 같이 사용되었다. 이를 컨트롤 하기위하여 INPUTO의 노브 센서가 활용되었다. 노브 센서는 영상을 선택할 수 있는 역할도 하지만 fade효과도 같이 하고 있다. [그림-31]은 part-1에 나타나는 fade in 과정을 보여준다.



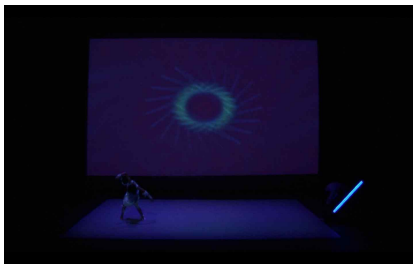
[그림-31] part-1, part-4의 영상 fade in, out

4. 시스템 구성

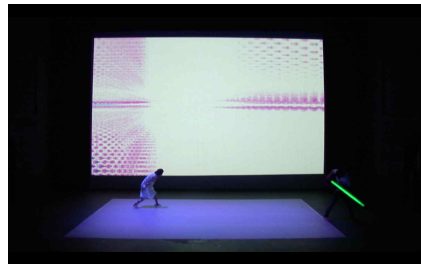
Performer에 의한 INPUTO 컨트롤에 따라 만들어진 데이터 값은 Xbee통신을 통해 컴퓨터로 전달되며, 컴퓨터의 Max/MSP, Jitter를 통해 소리와 영상으로 나타난다. [그림-32]는 작품에서 사용된 시스템 구성도를 나타내고 있다. 작품에서 part-1, 2, 3에는 INPUTO만 사용되지만 part-4에는 Mini INPUTO가 등장한다. 이때 Xbee의 통신은 1:1에서 2:1 통신으로 바뀌게 된다.



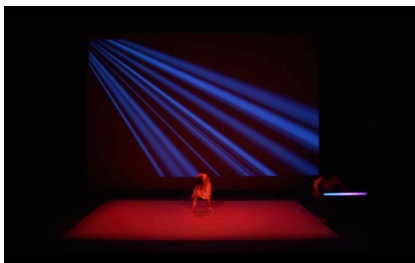
[그림-32] 시스템 구성도



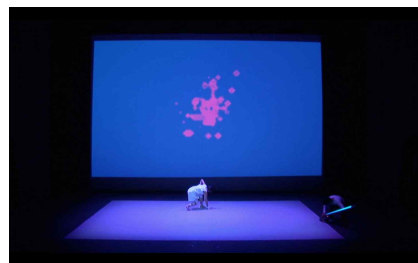
(a) part-1



(b) part-2



(c) part-3



(d) part-4

[그림-33] 각 파트별 실제 공연장면

[그림-33]은 [그림-32]의 시스템 구성에 따른 실제 공연장면이다. 각 파트의 영상과 소리들은 INPUTO에 의해 나타나며, 영상과 소리에 의해 무용수는 part-1의 평온함과 part-2의 고통의 시작, part-3의 고통에 의한 죽음, part-4의 새로운 모습과 흔적들을 몸으로 표현해 관객에게 좀 더 쉽게 작품을 설명한다.

V. 문제점 및 향후과제

사회의 급격한 발전에 의한 악기의 발달은 작곡가와 연주자의 감성을 잘 표현하기 위한 결과로 볼 수 있다. 기술과 예술이 결합한 새로운 악기인 INPUTO 제작에 가장 초점을 둔 부분은 연주자의 자유로운 행동을 고려해 INPUTO의 크기와 무게를 결정하는 것으로 연주자의 신체 사이즈를 고려하여 제작되었다.

INPUTO에는 다양한 기기와 센서들이 부착되기 때문에 크기와 무게에 있어 제한을 가진다. 또한 악기 제작의 소재에 따라 많은 영향을 받기 때문에 소재 선택 역시 중요하다. 나무의 소재가 가공이 쉽고 튼튼하긴 하지만 무겁다는 단점이 있다. 만약 악기의 이미지가 많이 바뀔 것 이라는 생각 때문이다. 나무의 소재가 가공이 쉽고 튼튼하긴 하지만 무겁다는 단점이 있다. 만약 아크릴이나 다른 소재로 했다면 어땠을까 하는 생각을 해본다. 물론 장단점이 있을 것 이다. 지금의 INPUTO는 작품 <The Tree>의 연주자만을 위한 사이즈여서 크기가 상당히 크다. 총 길이가 167cm이다. 신장이 180cm 이상이 되어야 들고 맘껏 흔들 수가 있다. 즉, 대중적이지 못한 것이 문제점으로 드러나고 있다. 작은 Mini INPUTO를 제작 하였지만 작기 때문에 많은 센서와 하드웨어가 LED를 넣지 못했다. 시각적인 부분은 작은 게 아쉽다. 대중적인 악기를 위해선 아무래도 무게와 크기의 문제점과 배터리 충전의 문제점 등을 해결해야 할 것이다. 그리고 신호 처리 방식의 문제이다. 다른 누군가 같은 신호방식을 쓰게 된다면 신호 간섭이 생기게 된다. 그러면 INPUTO의 신호전달은 다른 신호와 섞여 컴퓨터에 전달되어 제대로 된 값을 전달 받을 수가 없었다. 실제로 공연 때 Xbee를 활용한 다른 작품이 있었는데 통신의 장애 때문에 서로 작품 할 때는 통신을 꺼두는 헤프닝도 발생하였다. 이처럼 신호 간섭을 피하는 다른 채널이나 다른 방식

으로 보내는 방법을 찾아야겠다. 누구나 쉽게 다루고 새로운 악기로 거듭나기 위해서는 다양한 장르의 시도와 다른 소프트웨어 프로그램과의 연동을 위한 과제가 필요하다.

Keyword (검색어): INPUTO, Mini INPUTO, 인터페이스(Interface), 오디오-비주얼(audio-visual), 인터랙티브 아트(interactive arts)

E-mail: leewc119@gmail.com

참 고 문 헌

1. 단행본

- 양지윤 편저 (Baruch Gottlieb저),
「Sound + Art」 (미술문화, 2008)
- 이태원, 임양구, 정주윤 역(오츠카 아키라 저),
「음향인을 위한 전기 실용강좌」 (한진, 2010)
- 허영한, 김문자, 박미경, 주대창, 권송택, 이석원, 신인선 공저,
「들으며 배우는 서양음악사」 (심설당, 2004)
- Casey Reas, Ben Fry,
“Processing” (The MIT Press, 2007)
- Craig Anderton,
“The Electronic Musician’s Dictionary” (Amsco Publications, 1988)
- Joshua Noble,
“Programming Interactivity” (O’Reilly Network, 2009)
- Michael barr,
“Programming embedded systems in c and c++” (O’Reilly
Network, 2003)

- Michael Barr, 주재경 역, "Introduction to Pulse Width Modulation(PWM)" (O'Reilly Network, 2003)
- Tom Igoe, "Making Things Talk" (O'Reilly Network, 2007)

2. 참고논문

- 조이수, "가상악기제작 및 연주를 통한 멀티미디어음악작품 창작연구" 「동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과」, (2004)

3. 인터넷

- 두산백과사전 (<http://www.encyber.com>)
- Arduino (<http://arduino.cc>)
(<http://www.arduino.cc/playground/Learning/TLC5940>)
- CNMAT (<http://cnmat.berkeley.edu>.)
- Max/MSP/Jitter Forum (<http://www.cycling74.com/forums/index.php>)
- wikipedia (<http://wikipedia.org>)

Abstract

Interactive multimedia performance <The Tree> using the interface INPUTO

Donggyu Lee

The developments of musical instruments have made it possible for composers to define various musical expressions. INPUTO and Mini INPUTO are interfaces, which provide passages between performer and computer. In addition, they can help composer and performer to express their feeling freely and they also can create a new timbre of sound.

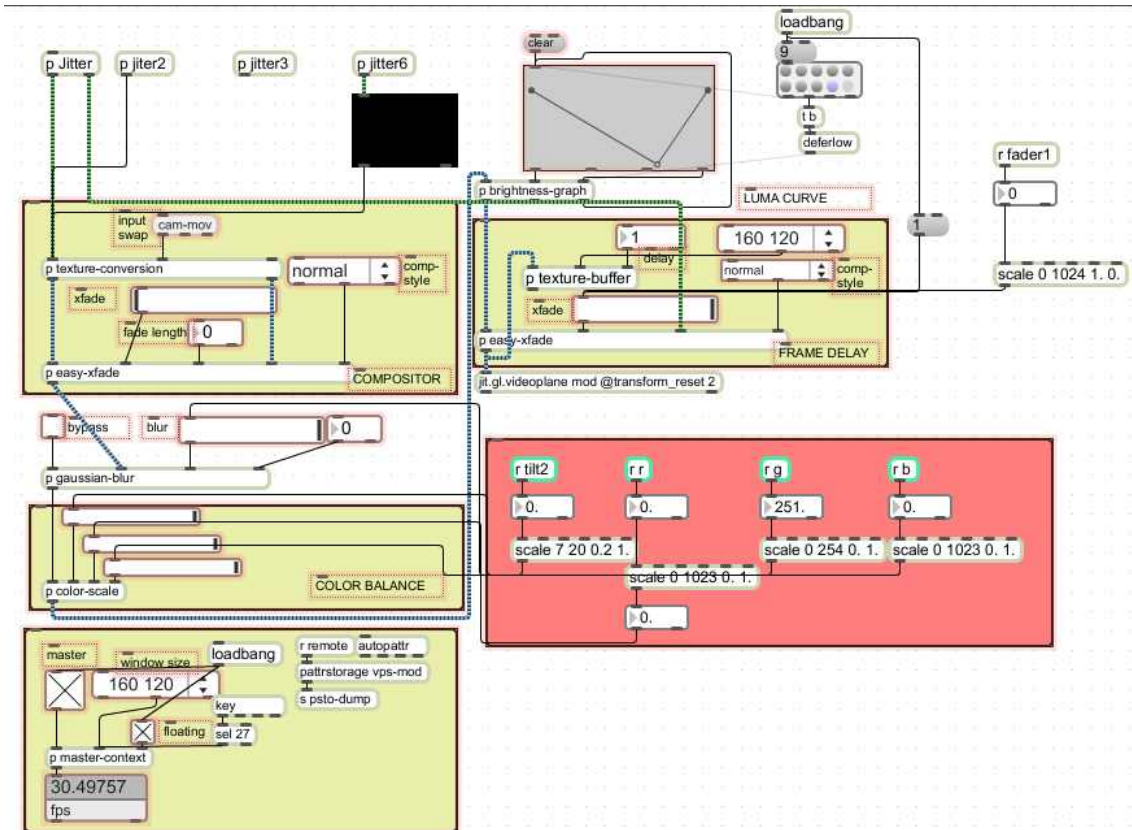
INPUTO was made of wood that express emotions of the tree with matter of nature. The work <The Tree> represents the feelings of wood, such as despondency and vacuousness of the pain, death and metamorphoses of wood, which are caused by outside influences.

Part-1 portrays the natural wood itself. It produces the image that describes the dreamlike, mysterious feelings. Part-2 and Part-3 represents the pain and death of the wood, which are influenced by outside world. Also, they express the strong sound and audio visualization. Then Part-4 expresses the vacuousness which emerges when the wood is born again in a different form.

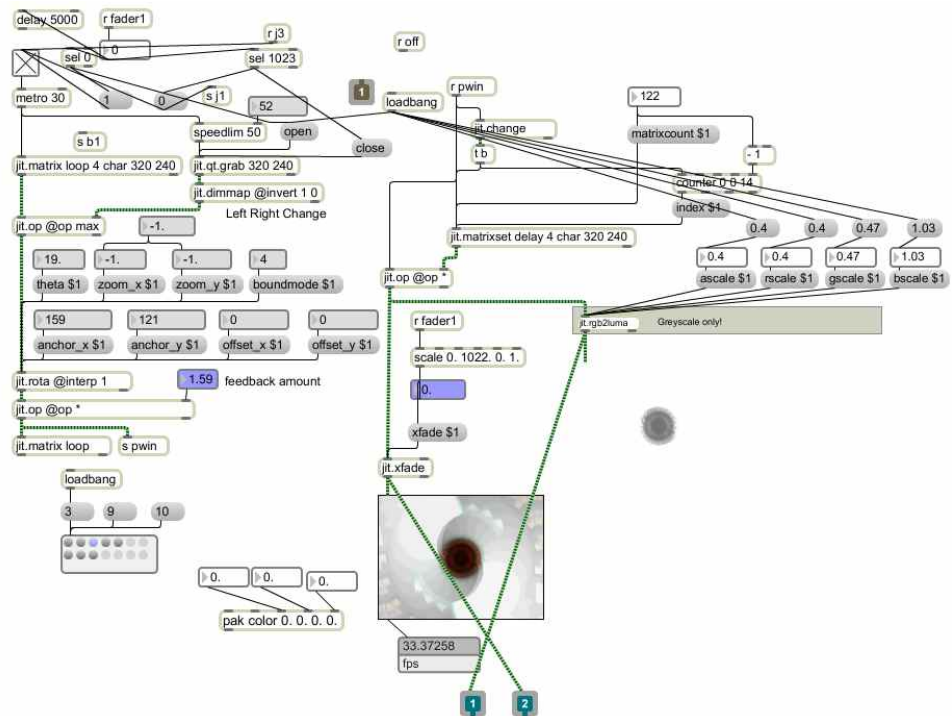
INPUTO uses the Arduino, LED, sensors, Xbee wireless communications and it is expressed in sounds and images by Max, MSP, and Jitter.

The goal of this research is to represent the work <The Tree> effectively by INPUTO and Mini INPUTO. They made it possible to control the sounds and images and help to define the various moves of performance.

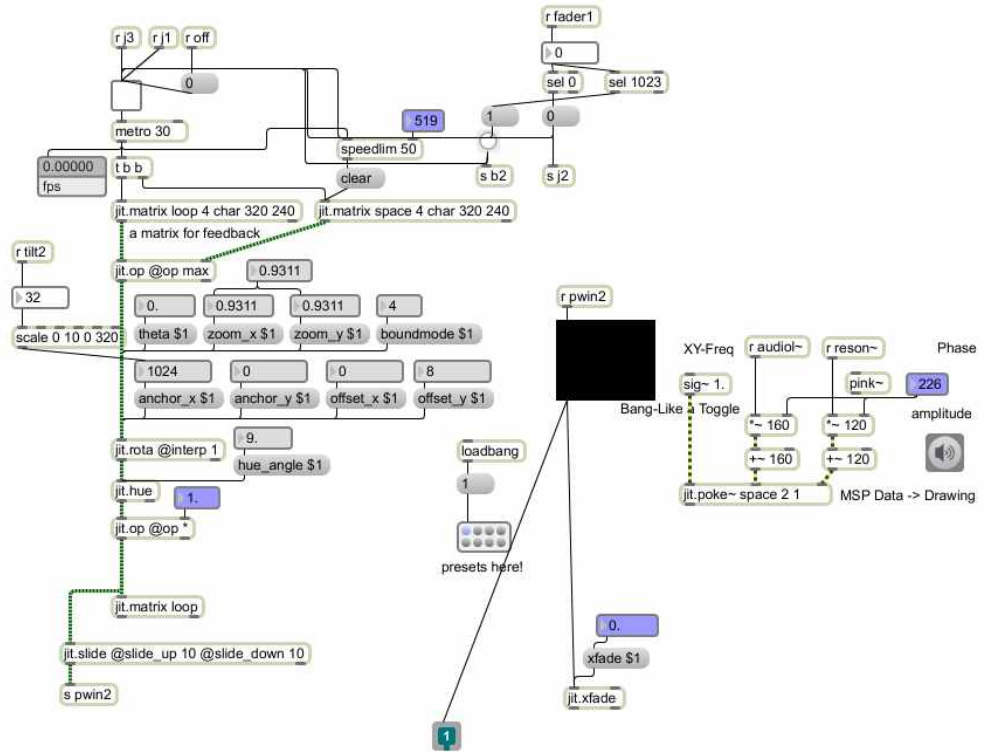
2. 영상제어 패치



3. part-1의 영상패치



4. part-2의 영상패치



부록-2 (첨부 DVD 설명)

1. The Tree : 2010년 11월 12일 이해량 예술극장
<The Tree>의 공연실황
2. The Tree.mxb : Max/MSP/Jitter 패치
3. The Tree.wav : 테이프 음악