

석 사 학 위 논 문

인터페이스(Digital Stick)를 이용한
멀티미디어음악 제작 연구
(멀티미디어음악작품 <LOST>를 중심으로)

지도교수 김 준

동국대학교 영상대학원
멀티미디어학과 컴퓨터음악전공
이 현 아

2 0 1 1

석사학위논문

인터페이스(Digital Stick)를 이용한

멀티미디어음악 제작 연구

(멀티미디어음악작품 <LOST>를 중심으로)

이 현 아

지도교수 김 준

이 논문을 석사학위논문으로 제출함.

2011년 1 월

이현아의 음악석사학위(컴퓨터음악전공) 논문을 인준함.

2011년 1 월

위원장: 조 형 제 (인)

위 원: 엄 기 현 (인)

위 원: 김 준 (인)

동국대학교 영상대학원

목 차

I. 연구 배경과 목적	1
1. 연구 배경	1
2. 연구 목적	2
II. 작품 내용	4
1. 작품의 의미	4
2. 작품 구성	5
1) 음악의 구성	6
2) 무대의 구성	10
III. 실시간 구현을 위한 기술적 연구	12
1. Digital Stick의 제작을 위한 기술 연구	12
1) Digital Stick의 강도 변화 연구	13
① 강도를 위한 센서의 연구	13
② 강도 데이터 적용	14
2) 위치 추적을 위한 적외선 LED 연구	15
① 적외선 LED 제작	15

② 적외선 LED를 이용한 위치 추적	18
3) 동작인식을 위한 LED 연구	20
① Arduino를 이용한 LED	20
② LED 라이트를 이용한 위치 추적	23
4) 무선통신	24
① XBee Serial 통신	25
② XBee와 Arduino의 연동	27
2. Max/MSP/Jitter를 이용한 소리와 영상	28
1) FM사운드 제작	28
2) 영상 제작	32
① Digital Stick을 사용한 영상	32
② 음량값에 의한 영상	35
IV. 작품에서의 기술 적용	36
1. 실제 공연의 시스템	36
2. 작품의 적용	37
1) Digital Stick을 이용한 실시간 사운드 프로세싱	37
2) 작품에 적용된 기술 및 영상 효과	40
① part A의 퍼포먼스와 영상 효과	40

② part B의 퍼포먼스와 영상 효과	42
③ part C의 퍼포먼스와 영상 효과	43
④ part A'의 퍼포먼스와 영상 효과	45
V. 결론	47
참고문헌	49
Abstract	52
부록-1 : 첨부 DVD 설명	54
부록-2 : Max/MSP/Jitter 패치	55

표 목 차

[표-1] 작품 구성	6
[표-2] 음악 구성	7
[표-3] 강도 단계에 따른 데이터 범위	15

그 립 목 차

[그림-1] The Digital Baton	2
[그림-2] Digital Stick	3
[그림-3] 구성 요소의 관계	5
[그림-4] part A의 선을 a	8
[그림-5] part A의 선을 b	8
[그림-6] part B의 주선을	9
[그림-7] part A'의 선을 a'	10
[그림-8] 실제 공연 무대 구성	10
[그림-9] 무대구성도(top view)	11
[그림-10] Digital Stick의 구성	12
[그림-11] Digital Stick에 부착된 터치센서	14
[그림-12] 가시광선 스펙트럼	16
[그림-13] Digital Stick에 부착된 적외선 LED	16
[그림-14] TSAL6400 적외선 LED	17
[그림-15] 적외선 필터 장착 전과 후	18
[그림-16] 적외선 LED 트래킹	19
[그림-17] 적외선 LED 트래킹 시스템	19

[그림-18] Arduino Mini	21
[그림-19] Arduino NG와 Arduino Mini의 연결	21
[그림-20] Digital Stick에 부착된 LED와 그라데이션	22
[그림-21] Arduino LED 제어 텍스트 코드	23
[그림-22] LED 트래킹 시스템	24
[그림-23] 라이트 트래킹 X, Y 데이터	24
[그림-24] 실제 공연 모습	25
[그림-25] 무선 통신에 사용된 XBee	26
[그림-26] Arduino 텍스트 코드 중 시리얼 포트 지정	26
[그림-27] Digital Stick에 부착된 XBee와 Arduino Mini	27
[그림-28] X, Y좌표로 제어된 FM사운드 패치	29
[그림-29] 오실레이터(Oscillator) 4개를 이용한 FM사운드 패치	29
[그림-30] FM사운드에 의한 영상과 스펙트럼	30
[그림-31] 오실레이터 3개를 이용한 FM사운드 패치	31
[그림-32] 강도에 따른 영상의 변화	31
[그림-33] 강도 적용 영상 패치1	33
[그림-34] Digital Stick에 의한 영상 제어 패치	33
[그림-35] 강도 적용 영상	34
[그림-36] LED 트래킹 데이터 적용 영상	34
[그림-37] 음량값에 의한 영상 효과 패치	35
[그림-38] 음량값에 의한 영상 효과	35
[그림-39] 공연 시스템 구성도	36
[그림-40] Digital Stick의 움직임을 통한 실시간 소리변화 장면	38
[그림-41] 사운드 변화 다이어그램1	38
[그림-42] Digital Stick의 타격 강도에 의한 소리변화 장면	39
[그림-43] 사운드 변화 다이어그램2	40

[그림-44] part A 의 퍼포먼스와 영상 효과1	41
[그림-45] 강도에 의한 영상	41
[그림-46] part A 의 퍼포먼스와 영상 효과2	42
[그림-47] part B 의 퍼포먼스와 영상 효과	43
[그림-48] part C 의 퍼포먼스와 영상 효과1	44
[그림-49] part C 의 퍼포먼스와 영상 효과2	45
[그림-50] part A 의 퍼포먼스와 영상 효과	46

I. 연구 배경과 목적

1. 연구 배경

우리가 살고 있는 21세기는 디지털 기술을 기반으로 한 미디어콘텐츠 시대이다. 이러한 기술의 발달은 생활은 물론 예술에도 많은 영향을 주어 새로운 형태의 예술을 가능하게 하였다. 이로써 작가들은 지금까지 상상으로만 존재했던 예술 표현의 실현과 나아가 기존 공연 형식을 넘어선 새로운 개념과 형식을 갖춘 공연문화를 정착 시킬 수 있게 되었다.

다양한 멀티미디어 예술 작품은 이러한 새로운 개념의 예술분야로 현재 다양한 실험과 연구가 행해지고 있다. 다양한 기술을 기반으로 한 멀티미디어 작품의 예로는 음악과 영상, 음악과 무용, 극과 영상 등의 결합이 있다. 이러한 멀티미디어 작품을 통해 청중은 한 가지 감각에만 한정되었던 감상에서 시각과 청각을 동시에 경험 할 수 있게 되었다. 이러한 작품들은 소프트웨어와 하드웨어의 발달을 통해 더 다양한 표현이 가능해졌고, 나아가 다양한 표현을 구체화할 수 있는 인터페이스가 등장하였다. 실제 악기로 연주하거나 재생하던 음악과 영상은 인터페이스의 사용으로 다양한 형태의 음악 또는 영상을 만들게 되었다. 그 결과 과거 일방적 명령을 수행하는 한정적 역할의 인터페이스에서 예술의 다양성을 실현해 주는 표현의 도구로서 발전하게 되었다. 현재, 인터페이스의 개발은 악기와 인터랙티브 설치작품 등으로 발전하여 작가들의 예술 작품 활동에 새로운 상상력의 기운을 불어 넣어 주고 있다.

2. 연구 목적

인터페이스의 사전적 의미는 두 개 이상의 시스템이나 소프트웨어를 연결하는 장치이다. 사용자의 간단한 명령으로 다양한 기능을 수행하는 인터페이스는 과거 상업적, 기술적 목적으로 사용되어 졌다. 문화의 발달과 기술의 발달은 인터페이스의 상업적이고 기술적인 목적의 형태를 더 다양하게 만들어 인간과 프로그램이 상호작용할 수 있는 사용자 인터페이스를 만들었다.

인터페이스의 활용은 현대에 들어 멀티미디어 공연을 위한 요소로 사용되고 있고, 또한 연극, 음악, 무용 등의 극적 요소로 사용되어지고 있다. 극적요소로서의 인터페이스는 행위자들에게 더욱 적극적 표현의 기회를 주었고, 작가들에게는 더욱 다양한 메시지의 전달을 위한 수단으로 사용되고 있다. [그림-1]은 1996년 Brain Opera¹⁾ 공연에 사용되었던 인터페이스 The Digital Baton이다. 지휘봉 형태의 인터페이스를 통해 사용자는 음악의 다양한 요소(음색, 음량)를 제어한다.



(a) The Digital Baton의 연주 (b) The Digital Baton

[그림-1] The Digital Baton

1) 1996년 6월 뉴욕 링컨센터 페스티벌에서 초연된 작품으로 MIT Lab.에 소속되어 있는 'The Opera of the Future Group'에 의해 진행된 프로젝트

이 인터페이스의 가장 큰 장점은 실제 지휘자가 지휘할 때 취하는 음악적 행위에 따라 음색과 음량이 제어된다는 것이다.

이와 같이 인터페이스를 통해 행위자는 음악적요소를 실시간으로 제어하게 되고 제어되는 요소들은 관객들에게 더욱 직관적으로 전달된다. 이제 공연에서의 인터페이스는 기술적 장치의 목적에서 벗어나 예술적 표현의 한 요소로서 자리 잡아 가고 있고 더 적극적이고 효과적인 표현의 요소로 사용되고 있다.

본 연구에서는 행위자의 감정 표현을 더 효과적으로 전달하고자 인터페이스를 통해 멀티미디어 요소들을 제어하는 시스템을 구축하고 극적 요소로서 활용하여 멀티미디어 작품을 제작하는 것을 목적으로 한다.

본 연구에서 제작된 인터페이스는 북을 치는 행위와 그림을 그리는 행위의 극적 표현을 위해 사용되고, 센서(sensor)와 LED 불빛을 트래킹한 좌표를 이용하여 영상과 사운드를 제어하게 된다.

이러한 극적 요소를 위해 제작된 [그림-2]와 같은 인터페이스를 본 논문에서는 Digital Stick이라 명명한다.



[그림-2] Digital Stick

Ⅱ. 작품내용

1. 작품의 의미

1) 작품의 의미

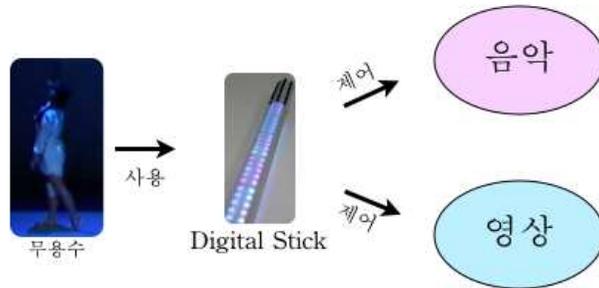
인간은 누구나 꿈을 꾸다. “꿈을 꾸어라. 꿈이 없는 사람은 아무런 생명력도 없는 인형과 같다”²⁾는 말처럼 꿈은 자신을 존재하게 하고, 가치 있게 하고, 의미 있게 만들어준다. 사람들은 이러한 것들을 찾기 위해 노력하지만 현실과 세월의 흐름은 이러한 목적으로부터 자신을 점점 멀어지게 만든다. 유아(幼兒), 유년(幼年), 청년(青年), 장년(壯年)의 흐름 속에서 사람들은 꿈과 현실 사이에서 무수히 많은 타협을 하며 살아간다. 이러한 타협의 시간 속에서 꿈은 현실에 점점 밀려가게 되고, 어느 순간 꿈은 내가 가져야할 대상이 아닌 내 기억 속의 전시품이 되어 버린다. 하지만 꿈은 잃는 것이 아닌 잊혀지는 것이기 때문에 오랜 시간이 지나고 현실적 생활에 무료함과 허무함을 느낄 때 즈음 다시금 그 꿈들을 추억하고 아쉬워한다.

작품 <Lost>에서는 꿈을 동경하는 현대인들이 현실 앞에 좌절하고 고뇌하여 꿈을 잊고 살다가, 현실의 끝에 있는 무료와 공허를 느끼고 난 후에야 다시 꿈을 꾸게 된다는 것을 묘사하고 있다.

<Lost>는 현실 속에서 꿈의 좌절과 절망 그리고 희망을 음악과 영상, 무용을 통해 표현하고 음악과 영상, 무용수는 Digital Stick을 중심으로

2) 벨타사르 그라시안이모랄레스(Baltasar Gracián y Morales 1601.1.8~1658.12.6) 명언 인용

[그림-3]과 같은 관계를 가진다.



[그림-3] 구성 요소의 관계

2. 작품 구성

<Lost>는 [표-1]과 같이 4개의 파트로 구성되어진다. part **A**, **A'**는 꿈을 꾸는 자아를 표현하였다. Digital Stick을 사용하여 실시간으로 사운드와 영상을 제어한다. part **B**는 꿈과 현실 사이에서 갈등하는 자아를 표현하였고, 이를 위해 노이즈 사운드와 파티클 영상을 사용하였다. part **C**는 꿈을 잃어가는 자아의 절망과 분노의 표현을 위해 드럼 비트를 사용하였다.

[표-1] 작품 구성

구분		part A	part B	part C	part A'
길이		1분 57초	1분 24초	2분 25초	1분 19초
작품내용		꿈을 꾸다.	꿈과 현실사이에서 갈등	꿈을 잃어가 는 자신에 대한 절망, 분노	꿈을 잃고 현실과 타협하지만 다시 꿈을 꾸다.
음악	테이프 음악	VSTi	granular, FM	granular, FOF	VSTi
영상	정면	그림 그리는 영상 제작 영상	제작영상	3D영상, 딜레이 영상	그림 그리는 영상
	바닥	물의 퍼짐을 표현한 영상	Particle 영상	3D영상	물의 퍼짐을 표현한 영상
Digital Stick		O	X	X	O
Digital Stick 사용 기술		적외선 LED 트래킹, LED 라이트 트래킹, 터치센서	없음	없음	적외선 LED 트래킹, LED 라이트 트래킹, 터치센서

2) 음악의 구성

<Lost>의 음악은 크게 테이프음악(tape music)과 Digital Stick의 실시간 연주로 이루어진다. 테이프음악은 처음부터 끝까지 재생되며, Digital Stick의 연주는 희망적인 메시지를 담고 있는 part A와 A'에 한정적으로 사용된다. Digital Stick의 라이트가 꿈과 희망을 표현해주는 역할을 하기에 꿈을 가진 자아의 희망과 설렘을 표현하는 A와 A'에서 사용된다. 테이프음악은 VSTi³⁾와 합성음원으로, Digital Stick의

3) VSTi(Virtual Studio Technology instrument)는 가상악기로 실제악기나 샘플러를 가상으로 구현한 것이다.

연주는 FM 합성(frequency modulation synthesis)방식으로 제작되었다. [표-2]는 <Lost>의 음악 구성이다.

[표-2] 음악 구성

형식	part A	part B	part C	part A'	
테이프 음악	길이	1분 57초	1분 24초	2분 25초	1분 19초
	제작 방법	VSTi	FM(frequency modulation), 그래놀라(granular)	그래놀라 (granular) FOF, 드럼	VSTi
	음악	따뜻하고 가벼운 음색사용	감7화음 사용 무겁고 어두운 분위기	드럼 비트 사용 긴장감과 공격적인 상태 표현	따뜻하고 밝은 음색사용

① part A

part A는 꿈을 꾸는 소녀의 설렘과 희망, 꿈을 이루려는 열정을 표현한 부분으로 주선율은 선율 a와 선율 b로 이루어진다. 이를 표현하기 위해 따뜻하고, 가벼운 음색의 악기를 사용하였다. [그림-4]는 선율 a의 악보로 긴 지속음과 5음 음계를 특징으로 한다.



[그림-4] part A의 선율 a

선율 b는 규칙적인 리듬이 반복적으로 나타난다. 꿈에 대한 설렘과

기대감을 현을 뜯는 가볍고 끊어지는 음색으로 표현하였다. [그림-5]는 선율 b의 악보이다.



[그림-5] part A의 선율 b

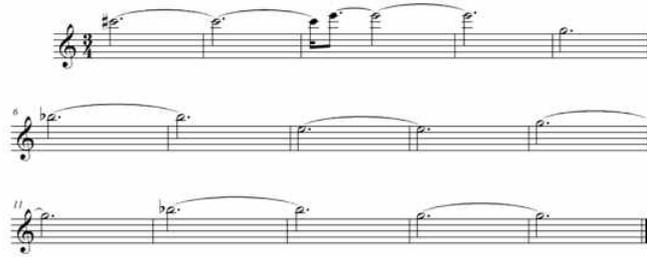
무용수가 Digital Stick의 움직임을 통해 생성하는 실시간 사운드는 Max/MSP를 이용하여 제작하였다. 사용된 효과는 FM 합성방식으로 현실에서 들을 수 없는 소리를 만들어 꿈을 가진 자아의 상태를 표현하였다.

② part B

part B는 part A와 대조되는 무겁고, 어두운 분위기로 표현되었다. [그림-6]은 B의 주선율이다. 감7화음의 구성 음을 재료로 사용하여 무겁고 어두운 울림을 준다. 이로서 현실과 꿈 사이를 갈등하는 인간의 심리를 표현하였다. 음원은 FOF⁴⁾ 합성방식과 그레놀라(granular)⁵⁾ 합성방식을 이용하여 제작하였다.

4) FOF(Fonction d'Onde Formantique)는 formant를 이용해서 소리를 합성하는 방법. 공명현상이 특정한 주파수대를 강조하거나 약화시켜 생기는 음색

5) 원래의 소리를 조각조각 나누어 합성하여 만든 사운드



[그림-6] part B의 주선율

③ part C

part C는 꿈을 이룰 수 없는 현실과 점점 꿈에서 멀어져 꿈을 잃어가는 자신의 모습에 절망과 분노를 표현한 부분이다. part B와 마찬가지로 FOF 합성방식과 그래놀라 합성방식이 사용되었으나, 타악기의 요소가 두드러진다는 차이를 갖는다. 또한 드럼 비트를 사용하였다. C는 선율보다 리듬적 요소가 두드러지는 부분으로 꿈을 잃어가는 자아의 고통과 좌절 그리고 절망을 표현하였다.

④ part A'

꿈은 이루어지지 않았다. 원하던 꿈을 이루지 못하고 현실에 안주하며 살아가지만, 그 순간에도 마음 한 구석에서는 다시 새로운 꿈을 꾸고 있고, 언젠가는 이루어질 수 있는 날이 올 것이라 믿는다. part A와 같이 꿈을 표현하기 위해 따듯하고 밝은 악기와 선율 a를 사용하였다. [그림-7]과 같이 선율 a'는 지속음을 사용하고 현을 뜯는 사운드를 가진 악기를 제외시켜 현실에서 안주하는 안정된 모습을 표현하였다. A

에 사용되었던 선율을 사용하여 다시 꿈을 꾸고 있음을 표현하였다.



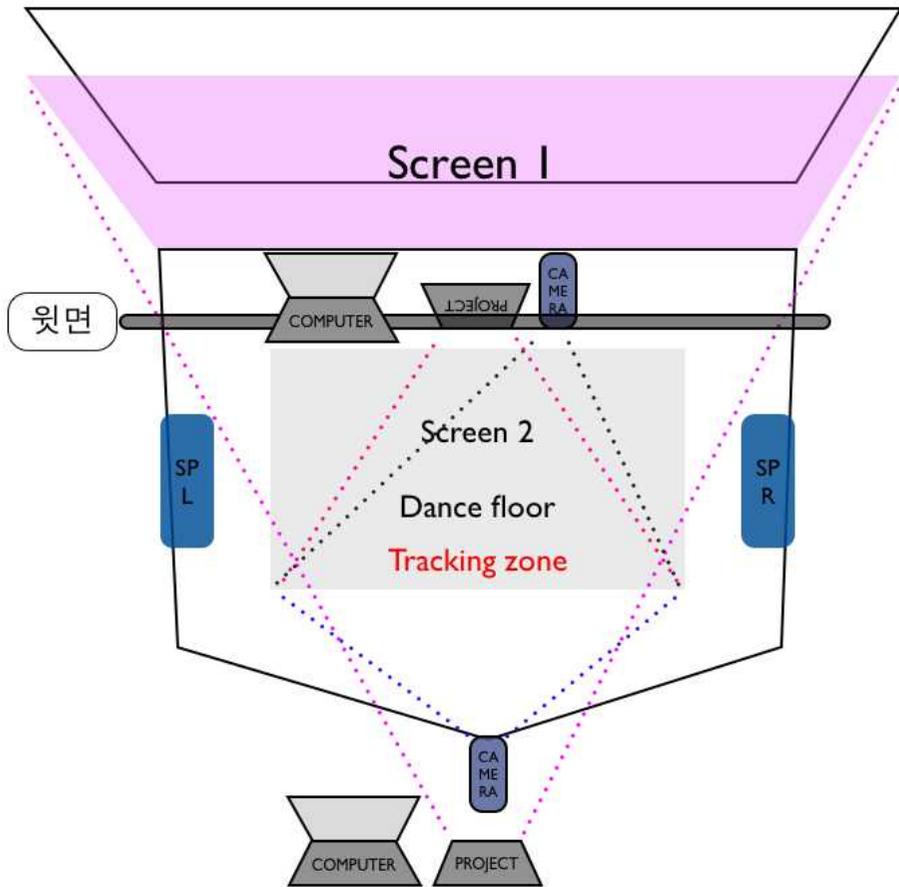
[그림-7] part A'의 선율 a'

3) 무대 구성

무대는 [그림-8]과 같이 영상과 무용수 그리고 무용수가 제어하는 Digital Stick으로 이루어진다. Digital Stick의 움직임에 따라 영상이 제어되며 영상은 정면과 바닥에 투영되어 관객은 두 개의 다른 영상을 감상하게 된다. 무대 정면에는 LED 라이트와 무용수의 움직임을 감지하기 위해 카메라가 설치 되어있고, 천정에는 적외선의 움직임을 감지하고 영상을 바닥에 투영시키기 위해 카메라와 프로젝트가 설치되어있다. [그림-9]는 위에서 내려다본 무대의 구성도이다.



[그림-8] 실제 공연 무대 구성



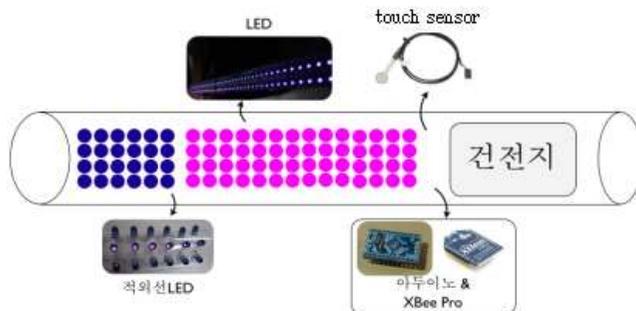
[그림-9] 무대 구성 (top view)

III. 실시간 구현을 위한 기술적 연구

1. Digital Stick 제작을 위한 기술 연구

Digital Stick은 멀티미디어 공연을 위한 인터페이스이다. Digital Stick은 영상과 사운드를 제어하는 요소로 사용되며, 무용수의 조작에 의해 작동한다. 이를 통해 <Lost>에서는 무용수가 직접 영상과 사운드를 제어하게 되고 무용수의 감정표현을 타인에게 의존하지 않게 되어 더 직접적인 표현이 가능하게 된다. part [A]와 [A']에서 Digital Stick을 사용한 무용수의 타격하는 행위와 그림을 그리는 행위는 영상과 사운드로 표현된다.

Digital Stick의 타격하는 행위에 따른 데이터는 손잡이 부분의 부착되어 있는 터치센서에 의해 결정되고, 그림을 그리는 행위에 따른 데이터는 정면에 설치되어 있는 카메라가 LED를 트래킹하는 것에 의해 결정된다. 또한 Digital Stick의 적외선 LED를 천정에 설치되어 있는 카메라가 트래킹하여 타격행위에 의해 영상이 영사될 위치를 결정하게 된다. 작품에 사용될 Digital Stick은 [그림-10]과 같이 구성된다.



[그림-10] Digital Stick의 구성

1) Digital Stick의 강도 변화 연구

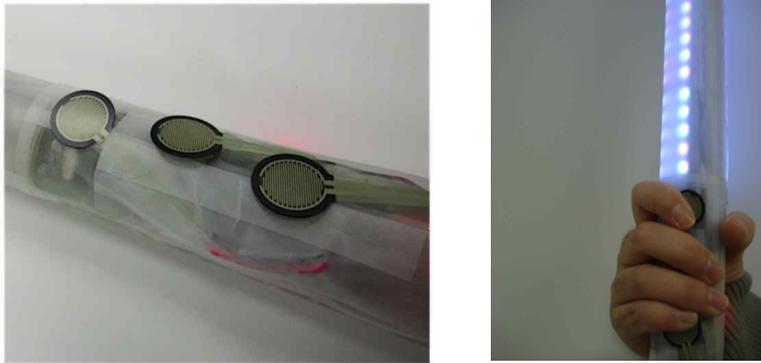
Digital Stick은 타악기의 타격에 의해 생성되는 강도의 특성을 적용하여 사운드와 영상을 표현 한다. 타악기의 경우 면을 타격하여 소리를 발생시키지만 Digital Stick은 접촉면이 없이 허공에 타격하는 행위만으로 사운드를 생성한다는 특징을 가지고 있다. 또한 타격행위의 강도 데이터를 단계별 영상으로 표현하여 강도에 따른 표현을 시각·청각적으로 표현하였다. 강도를 측정하여 사용하기 위해 적합한 센서에 대한 연구와 데이터 적용 기준에 대한 연구가 필요하였다.

① 강도 측정을 위한 센서 연구

기존의 타악기용 인터페이스는 터치(touch)센서와 피에조(piezo)센서⁶⁾를 사용하여 타격강도를 측정하여 사용하는 것이 일반적이다. 하지만 Digital Stick은 타격대상 없이 허공을 타격하기 때문에 가속센서를 사용하여 실험하였다. 하지만 가속센서의 경우, 팔을 휘두르는 동작과 몸의 움직임의 속도가 일치하지 않는 경우 부정확한 데이터를 추출해 사용자가 움직일 경우 정확한 데이터를 기대하기 힘들다. 그래서 타격할 때 Digital Stick과 손의 압력 데이터를 받기 위해 터치센서를 사용하였다. 터치센서에는 on/off의 역할을 하는 것과 누르는 압력의 정도에 따라 값이 변화하는 것의 두 종류가 있다. Digital Stick의 경우 누르는 압력의 단계가 중요하기 때문에 후자의 터치센서를 사용하였다. 세 개의 터치센서를 사용하였으며, [그림-11]과 같이 손잡이 부분에 부착하였다. 세 개의 터치센서는 무용수의 손가락 간격을 고려해 부착되었다. 쥐는 힘의 강도 변화는 세 개의 터치센서 데이터 값을 더하여 검출하

6) 금속판 사이에 얇은 압전 소자를 끼워놓은 센서로 소리, 진동, 압력 등을 감지한다.

며, 이 데이터들은 소리의 재생과 음량의 크기 그리고 영상에 적용하게 된다.



[그림-11] Digital Stick에 부착된 터치센서

② 강도 데이터 적용

Digital Stick 손잡이에 부착된 터치센서는 사용자가 타격하는 세기에 의한 압력 변화를 Max/MSP/Jitter로 전송하여 음악과 영상을 제어한다. 강도는 총 4단계로 구분된다. 쥐는 압력의 강도 단계는 무용수가 표현할 수 있는 강도의 실험을 통해 네 개의 단계로 나누었다. 무용수의 데이터를 적용하기 위해 5번에 걸친 실험을 통해 터치센서 데이터를 추출하였다. 터치센서는 0부터 1024까지의 데이터 값을 추출하며, 어떠한 압력도 가하지 않았을 때 300의 데이터가 나왔다. 가장 약하게 타격할 때의 데이터는 300부터 600사이, 가장 강하게 타격할 때의 데이터는 1300이 나왔다.

[표-3]은 강도 단계에 따른 터치센서 데이터로 값의 범위는 실제 공연에 사용할 무용수의 데이터를 적용한 것이다. 단계의 강도는 무용수

의 입장에서의 세기를 말한다.

[표-3] 강도 단계에 따른 터치센서 데이터

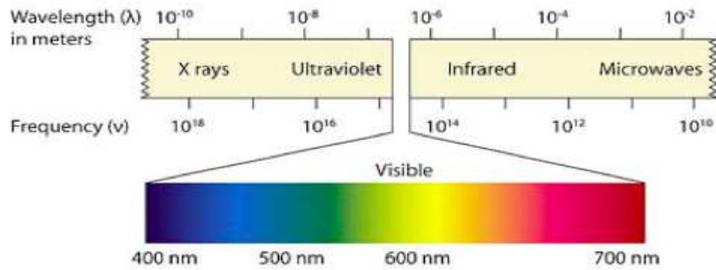
단계	터치센서 데이터
1단계	300 ~ 600
2단계	600 ~ 800
3단계	800 ~ 1100
4단계	1100 ~ 1300

강도에 따라 나타나는 데이터는 Max/MSP/Jitter를 통해 영상과 음악, LED 라이트의 밝기를 제어한다. 예를 들어, 1단계에서 원이 퍼지는 영상의 크기는 작아지고 속도는 느려지며, 소리의 음량과 LED 라이트의 밝기는 약해진다. 반면 4단계에서 영상의 크기는 커지며 속도는 빨라지고, 소리의 음량과 LED 라이트의 밝기는 강해진다.

2) 위치 추적을 위한 적외선 LED 연구

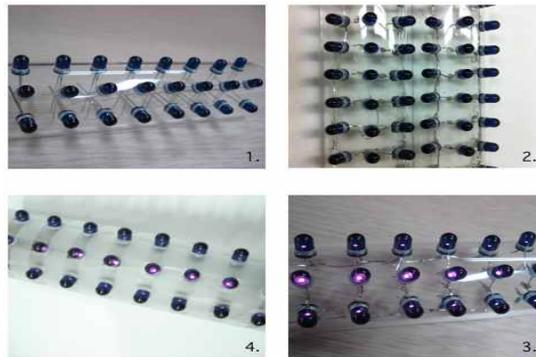
① 적외선 LED 제작

무대 천정에서 Digital Stick의 타격 위치를 인식하고 데이터를 추출하기 위해 적외선 LED를 사용하여 트래킹한다. 적외선은 가시광선의 한 끝인 적색 스펙트럼을 벗어난 비가시광선 부분으로 700nm 이상의 파장을 가지는 전자파이다. [그림-12]의 가시광선 스펙트럼에서 적외선의 위치를 볼 수 있다.



[그림-12] 가시광선 스펙트럼

Digital Stick의 [그림-13]과 같이 한 면 당 24개의 적외선 LED가 사용되었으며, 총 두 면에 적외선 LED를 부착하였다.



[그림-13] Digital Stick에 부착된 적외선 LED

적외선 LED는 [그림-14]의 TSAL6400 제품을 사용하였다. 이 제품은 950nm의 파장을 가지고 있고, 최대 100mA가 흐르기 때문에 다른 LED 제품보다 발광이 좋아 위치를 추적하는데 적합하다.



[그림-14] TSAL6400 적외선 LED

Digital Stick의 모든 전력은 9V 건전지를 사용한다. 이때 직렬로 연결할 수 있는 적외선 LED의 개수는 최대 6개이며, 저항은 다음의 공식에 의해 9Ω 으로 나타났다.

$$R(\text{저항}) = 8.1V(\text{전압}) / 9V(\text{전류}) = 9\Omega$$

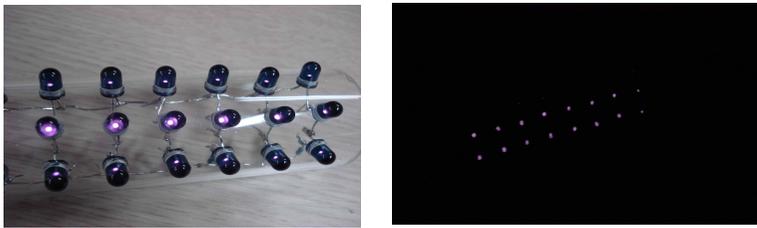
\therefore 적외선 LED 전압은 1.3V며, 6개를 직렬로 연결하여 전압은 8.1V이다.

하지만 적외선 LED의 경우 천정에서 트래킹을 하는데 9V 전류가 다른 하드웨어들을 거치며 약해져 높은 위치에서의 트래킹이 제대로 이루어지지 않는 결과가 발생하였다. 이러한 이유로 저항을 제거하고, 한 면에 6개가 아닌 3개의 적외선 LED를 사용하였다. 그 결과 천정에서 트래킹이 가능하였다.

② 적외선 LED를 이용한 위치 추적

적외선의 촬영을 위해 적외선 필터를 장착할 경우 적외선 이하의 파장은 촬영되지 않는다. 때문에 정확한 적외선 LED의 위치 값을 얻기 위해 적외선 필터를 사용한다. [그림-15]는 적외선 필터를 장착한 상태와 장착하지 않은 상태의 촬영 영상이다.

촬영된 이미지는 Jitter에서 `jit.rgb2luma` 오브젝트를 통해 그레이스케일로 전환된다. 그레이스케일에서는 데이터가 0이면 검은색, 255이면 하얀색을 나타낸다. `jit.op` 오브젝트를 통해 0~255 데이터가 나온다. 변화된 영상은 `cv.jit`⁸⁾ 라이브러리 오브젝트를 사용하여 트래킹된다.



(a) 적외선필터 장착 전 촬영 (b) 적외선필터 장착 후 촬영
[그림-15] 적외선필터 장착 전과 후

이후 피사체의 위치는 `cv.jit.blobs.bounds`와 `cv.jit.blobs.blounds.draw` 오브젝트에 의해 [그림-16]과 같이 추적된다. 이때 피사체는 적외선 LED가 되고, 트래킹된 X, Y좌표 데이터는 Part A와 A'의 영상에 적용된다.

7) 백색과 흑색 사이의 회색 영역을 표시하기 위하여, 백색과 흑백의 비율을 변화시킨 일련의 색조

8) IAMAS 대학에서 개발한 Jitter 오브젝트



[그림-16] 적외선 LED 트래킹

[그림-17]은 적외선 LED 트래킹의 시스템 구성도이다. 트래킹된 데이터가 Jitter를 거쳐 영상의 위치를 제어한다.



[그림-17] 적외선 LED 트래킹 시스템

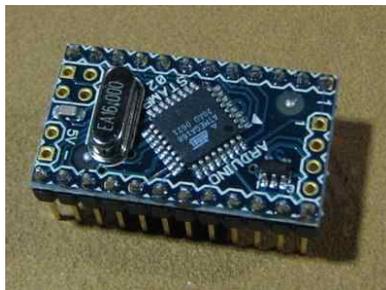
3) 동작의 위치 추적을 위한 LED 연구

적외선 LED는 앞서 설명되었던 것과 같이 가시광선의 한 끝인 적색 스펙트럼을 벗어난 비가시광선 부분으로 700nm 이상의 파장을 가지는 전자파로 눈에 보이지 않는 특징을 가지고 있는 반면, LED는 빛을 내는 반도체로 눈으로 볼 수 있으며 다양한 색깔을 표현한다.

① Arduino를 이용한 LED

part [A]와 [A']는 꿈을 가진 자아가 꿈을 이루려는 희망과 열정을 표현한 부분으로 무용수의 행동이 영상과 음악을 제어한다. 무용수는 꿈의 희망과 열정을 그림을 그리는 퍼포먼스로 표현한다. 이때 Digital Stick의 라이트는 이러한 행위를 부각시키는 역할을 한다. LED 라이트의 밝기와 색은 터치센서에 의해 제어되며, 여러 개의 터치센서를 이용하여 LED를 제어하기 위해 Arduino⁹⁾를 사용했다.

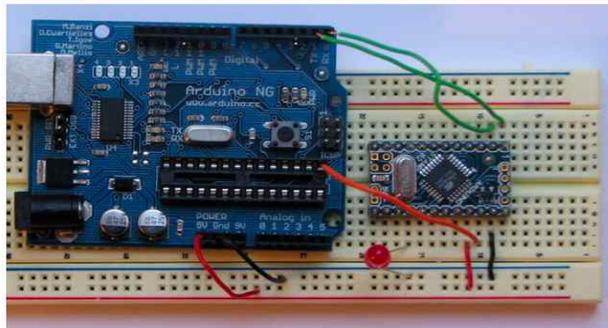
Arduino는 여러 개의 스위치나 센서로부터 값을 받아들여, LED나 모터 등을 제어하는 오픈소스 기반의 프로토타이핑 플랫폼으로 Max/MSP, Processing, Flash 등의 소프트웨어와 연동이 가능하여 인터랙티브 작품을 만드는데 많이 사용된다. Arduino에는 여러 종류가 있는데, Digital Stick 제작에 사용된 것은 [그림-18]과 같이 크기가 작은 Arduino Mini이다. Arduino Mini를 사용한 이유는 Digital Stick의 공간이 좁아 크기가 큰 Arduino는 사용할 수가 없기 때문이다.



[그림-18] Arduino Mini

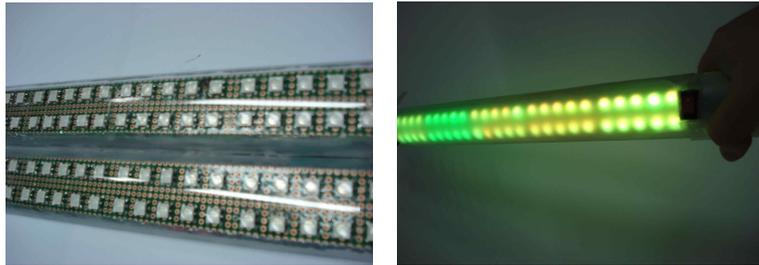
9) 오픈소스를 기반으로 한 피지컬 컴퓨팅 플랫폼으로, AVR을 기반으로 한 보드와 소프트웨어 개발을 위한 통합 환경을 제공한다.

Arduino Mini는 7-9V의 전력을 입력받고, 5V의 전력을 출력한다. 9V 이상의 전력을 받게 될 경우 제품에 이상이 생기기 때문에 주의하여야 한다. 다른 Arduino와 달리 Arduino Mini는 USB 어댑터가 없기 때문에 Arduino Mini USB 어댑터를 사용하거나 [그림-19]와 같이 USB 어댑터가 있는 Arduino와 Arduino Mini를 연결하여 업로드할 수 있다.



[그림-19] Arduino NG와 Arduino Mini의 연결

Digital Stick의 시각적인 효과를 위해 RGB를 이용해 그라데이션(gradation)을 표현하였다. LED는 ITP-20506-TO2-02 RGB LED 칩을 사용하였다. 그라데이션 효과를 위하여 LED를 다섯 그룹(group)으로 나눠 제작하였다. 한 그룹에 20개의 LED를 사용하여 총 100개의 LED를 사용하였다. 트래킹과 무용수의 움직임에 제약을 없애기 위해 50개씩 두 개의 기판으로 제작하여 양면에 부착하였다. [그림-20]은 LED가 양면에 부착된 Digital Stick을 보여준다.



[그림-20] Digital Stick에 부착된 LED와 그라데이션

LED를 작동시키기 위해 PWM¹⁰⁾가 필요하다. Arduino Mini는 6개의 PWM 아웃풋이 있다. RGB LED는 한 개당 3개의 PWM 핀이 필요하므로 총 15개의 PWM 핀이 필요하다. 그러나 Arduino Mini는 6개의 PWM을 갖고 있기 때문에 이것을 늘려줄 목적으로 TLC5940 칩을 사용하였다. TLC5940 칩을 사용하면 16개의 PWM을 사용할 수 있다. 한 개의 기판에 RGB LED 20개마다 3개의 PWM 핀을 연결하여 15개의 PWM핀으로 100개의 RGB LED를 사용할 수 있다.

TLC5940칩을 Arduino Mini와 RGB LED와 연결한 후 Arduino 라이브러리에 TLC 라이브러리를 추가하여 Arduino Mini에 업로드 하여 사용할 수 있다. Arduino 프로그램에서 텍스트 코드를 만들 때 LED를 제어할 센서를 지정해주고, 센서의 데이터에 따라 LED의 밝기를 조절하기 위해 데이터 범위를 정하여 적용한다. LED의 라이트가 들어오는 시간의 차를 이용하여 그라데이션 효과를 강도에 따른 LED의 밝기로 만들어 낸다. [그림-21]은 Arduino Mini에 업로드된 텍스트 코드다.

10) Pulse Width Modulation의 약자로 펄스 폭 변조이다. 아날로그 신호를 펄스화(준 디지털화)하는 방법의 하나로, 파워 앰프에 응용하면 간단하게 대규모 출력을 얻을 수 있다.

```

int s1 = 0;
int s2 = 0;
int s3 = 0;

```

sensor 변수 지정

```

rgbLed led0;
rgbLed led1;
rgbLed led2;
rgbLed led3;
rgbLed led4;

rgbLed tar;

void setup()
{
  #define NUM_TLCS 1
  Tic.init(31);
  Tic.setAll(31);

  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  s1 = map(analogRead(2),1024,0,0,4000);
  s2 = map(analogRead(1),1024,0,0,3500);
  s3 = map(analogRead(0),1024,0,0,2500);
  tar.setVal(s1,s2,s3);

  led0.itp( tar );
  led1.itp( led0 );
  led2.itp( led1 );
  led3.itp( led2 );
  led4.itp( led3 );
}

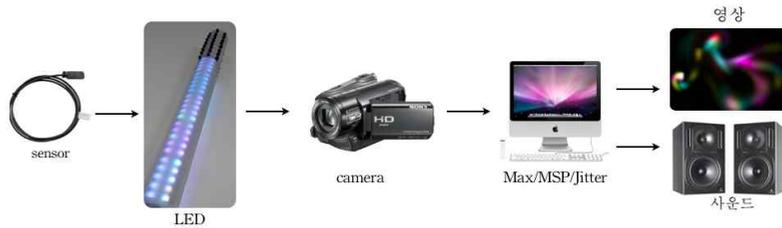
```

LED light 밝기 조절

[그림-21] Arduino LED 제어 텍스트 코드

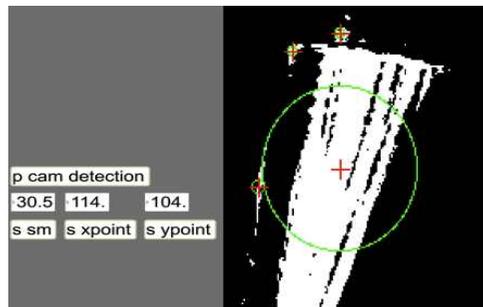
② LED 라이트를 이용한 위치 추적

무용수가 Digital Stick으로 허공에 그림을 그리면 정면 스크린에 무용수가 그린 그림이 나타난다. 무용수가 세 개의 터치센서에 압력을 주면 LED에 불빛이 들어온다. 이후 LED 라이트는 트래킹되어 그림이 그려지는 위치 데이터인 X, Y좌표를 만든다. 이 데이터 값은 Max/MSP/Jitter를 통해 실시간 영상과 소리를 생성하게 된다. LED 트래킹은 Jitter의 cv.jit 라이브러리를 사용하였으며, Digital Stick의 밝고 움직임이 많은 부분이 트래킹된다. LED 라이트의 트래킹 과정은 적외선 LED의 트래킹 과정과 같다. [그림-22]는 LED 라이트 트래킹의 시스템을 나타낸다.



[그림-22] LED 트래킹 시스템

[그림-23]과 같이 트래킹된 X, Y좌표 데이터는 사운드 프로세싱에 적용되어 FM사운드의 주파수(frequency)와 인덱스(index)에 적용된다.



[그림-23] 라이트 트래킹 X, Y 데이터

공연에서 정확한 LED의 라이트를 트래킹하기 위해서 최소 밝기의 조명을 사용하였다. 조명이 밝을 경우 조명 라이트가 같이 트래킹될 수 있어 정확한 좌표값의 데이터를 얻을 수 없기 때문이다. [그림-24]는 실제 공연 모습이다.



[그림-24] 실제 공연 모습

4) 무선 통신

① XBee Serial 통신

본 작품은 무용수의 움직임에 제약을 없애기 위해 XBee 무선 시리얼(serial) 통신을 이용하여 무용수가 Digital Stick을 자유롭게 사용할 수 있도록 하였다.

무선 통신은 ZigBee¹¹⁾ 규격 통신 칩셋인 XBee pro를 이용했다. XBee pro를 본체 컴퓨터와 Digital Stick에 장착하여 1:1 통신을 한다. XBee 무선 시리얼 통신의 거리는 90m까지 가능하며, 저 전력을 이용한다는 장점이 있다. 무선 통신 가능 거리가 넓어 실제 공연장에서 무리 없이 작동하였다. [그림-25]는 무선 시리얼 통신을 위해 사용된 XBee다.

11) 근거리 통신을 지원하는 IEEE 802.15.4 표준 중 하나를 말한다. 가정, 사무실 등의 무선 네트워킹 분야에서 10~20m 내외의 근거리 통신과 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 기술이다.



(a) XBee (b) 컴퓨터에 연결된 XBee Interface USB
 [그림-25] 무선 통신에 사용된 XBee

XBee 무선 시리얼 통신을 사용하기 위해서 시리얼 포트 설정이 필요하며, 일반적으로 9600을 많이 사용한다. [그림-26]과 같이 텍스트 코드에서 시리얼 포트를 정해줘야 한다.

```

void setup()
{
  #define      NUM_TLCS  1
  Tlc.init(31);
  Tlc.setAll(31);
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  s1 = map(analogRead(2),1024,0,0,4000);
  s2 = map(analogRead(1),1024,0,0,3500);
  s3 = map(analogRead(0),1024,0,0,2500);
  }
  
```

[그림-26] Arduino 텍스트 코드 중 시리얼 포트 지정

시리얼 포트를 설정할 경우 사용하려는 시리얼 포트가 다른 곳에서 사용되고 있는지 확인해야한다. 만일 다른 곳에서 이 시리얼 포트를 사

용하게 되면 통신이 잘 이루어지지 않아 데이터의 오류가 생기기 때문이다.

② XBee와 Arduino의 연동

Arduino와 XBee를 연결해주기 위해서 XBee 쉴드가 필요하다. 하지만 작품에서 사용하는 Arduino Mini는 쉴드가 나오지 않기 때문에 Arduino Mini와 XBee를 직접 연결하여 사용한다. 먼저 XBee를 사용하기 위해서 3.3V의 전력을 공급해줘야 하며, Arduino Mini에서 아웃풋 전력은 5V이므로 3.3V로 전력을 낮추어 준다. 이러한 이유에서 Breadboard Power Supply를 사용하였다. Breadboard Power Supply는 6~12V의 전력을 입력받아 5V 또는 3.3V의 전력 출력한다. 작품에서는 9V의 전력을 입력받아 3.3V의 전력을 XBee로 보내준다. 그리고 XBee와 Arduino Mini가 서로 연동을 하기 위해서 Arduino Mini의 TX, RX 핀과 XBee의 TX, RX를 연결해준다. [그림-27]은 Arduino Mini와 XBee가 연결된 그림이다.

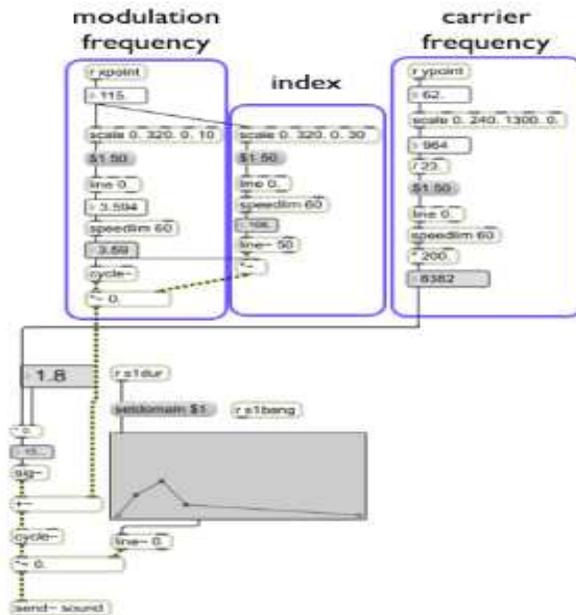


[그림-27] Digital Stick에 부착된 XBee와 Arduino Mini

2. Max/MSP/Jitter를 이용한 소리와 영상

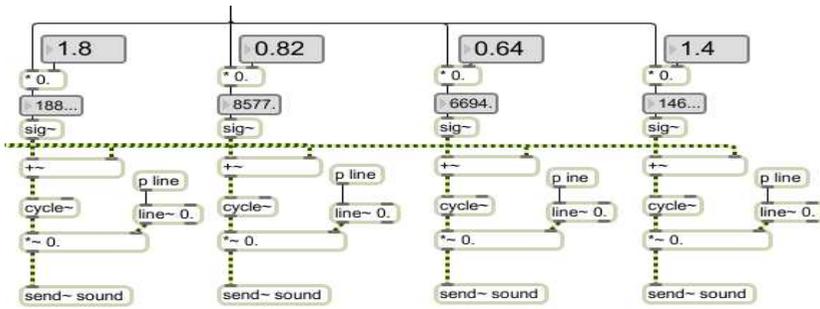
1) FM사운드 제작

part [A]와 [A']에서 Digital Stick을 사용해 그림을 그리는 행동을 트래킹하여 추출된 X, Y좌표값을 이용하여 FM 합성방식의 주파수와 인덱스, 변조주파수(modulation frequency)값을 변화하도록 하였다. [그림-28]과 같이 0부터 320까지의 X좌표값은 인덱스의 0부터 30사이의 값과 변조주파수의 0부터 10 사이의 값으로, 0부터 240까지의 Y좌표값은 주파수의 1300부터 0 사이의 값으로 범위를 조절하여 사용하였다.



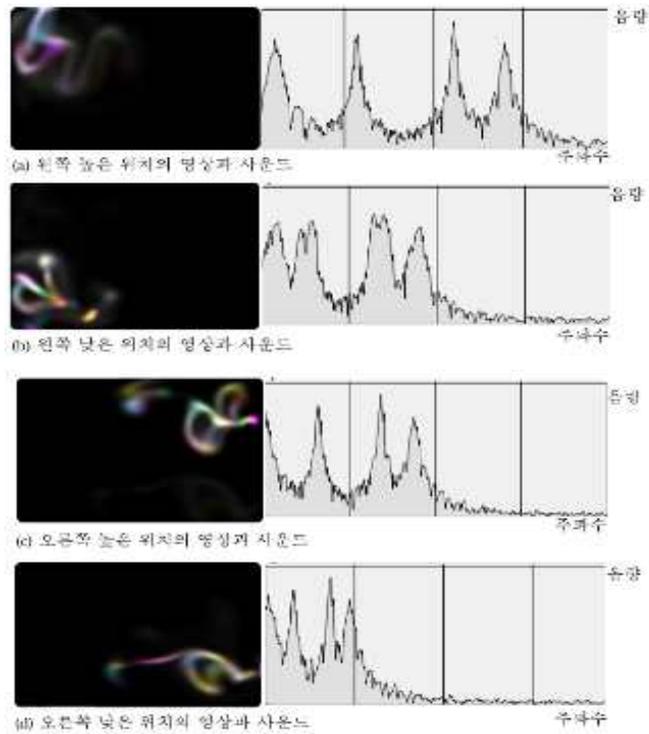
[그림-28] X, Y좌표로 제어된 FM사운드 패치

[그림-29]는 [그림-28]의 simple FM 4개를 병렬로 연결한 Multiple FM사운드 패치이다.



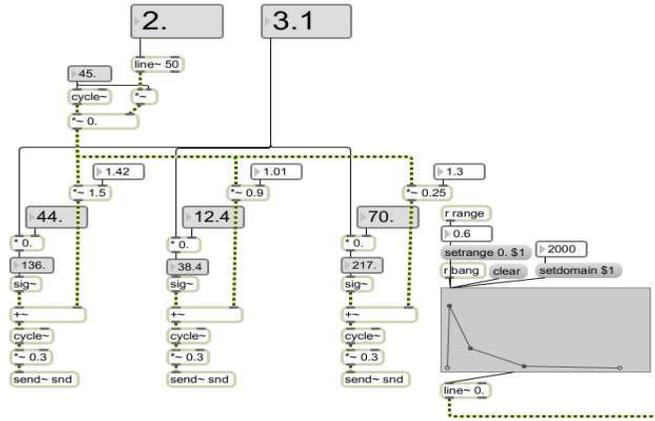
[그림-29] 오실레이터(oscillator) 4개를 이용한 FM사운드 패치

주파수는 음고(pitch)의 변화를, 인덱스는 배음의 개수를, 변조주파수는 배음의 간격을 결정하여 실시간으로 소리에 변화를 준다. 무용수의 그림을 그리는 행위는 주로 윗부분에서 이루어지게 된다. 이로 인해 주파수와 인덱스의 값이 변하면서 가볍고 맑은 소리가 생성된다. [그림-30]은 X, Y좌표값으로 제어되는 FM사운드의 변화를 보여준다. 이렇게 생성된 FM사운드는 현실이 아닌 공간과 꿈을 가진 자아의 희망과 설렘을 표현한다.



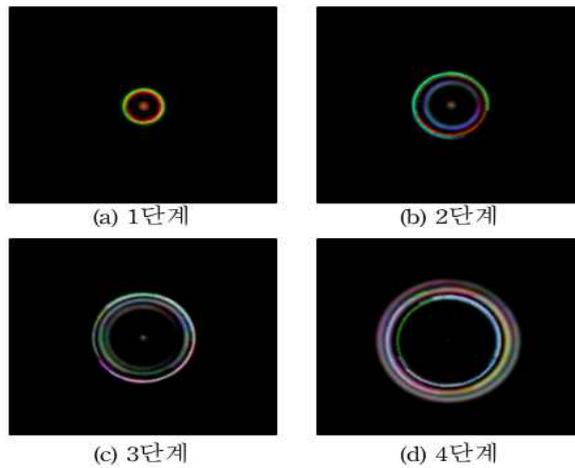
[그림-30] FM사운드에 의한 영상 변화와 스펙트럼

part **A**와 **A'**는 꿈에 대한 설렘과 두근거림을 바닥과 허공에 타악기 연주방법과 유사한 행위인 타격하는 행위를 통해 표현하는 부분이다. FM 합성에 의한 소리를 만드는 부분으로 FM 합성에 의한 강도의 세기의 따라 주파수가 높아지며, 음량값의 envelope은 북과 유사한 envelope을 사용하였다. [그림-31]은 타격하는 강도에 의해 생성되는 FM사운드 패치이다.



[그림-31] 오실레이터 3개를 이용한 FM사운드 패치

터치센서에 의해 추출되는 강도 데이터가 강해질수록 FM사운드의 음량 값이 커지고, 반대로 약해질수록 음량이 작아진다. 또한 음량은 [그림-32]와 같이 바닥에 그려지는 퍼지는 원의 크기와 관계되어 시각·청각적인 효과를 높이도록 만들어졌다.



[그림-32] 강도에 따른 영상의 변화

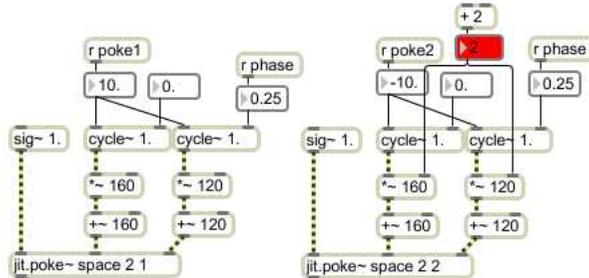
2) 영상의 제작

① Digital Stick을 사용한 영상 효과

part **A**와 **A'**의 영상은 Digital Stick의 터치센서와 LED, 적외선 LED 트래킹 데이터에 의해 실시간 Jitter에서 생성된다.

심장의 두근거림을 표현하기 위해 바닥과 허공을 두드릴 때 바닥에 나타나는 영상은 적외선 LED의 트래킹 데이터와 터치센서 데이터에 의해 생성된다.

[그림-33]과 같이 특정 형태를 만드는 poke~ 오브젝트가 cycle~ 오브젝트와 함께 사용되어 퍼지는 원을 만들어 주었다. 이 원은 터치센서를 이용한 강도의 세기에 따라 퍼지는 크기와 속도가 조절된다. 또한 cycle의 음량 역할을 하는 오브젝트에 강도 데이터를 적용하여 퍼지는 원의 크기가 조절된다.

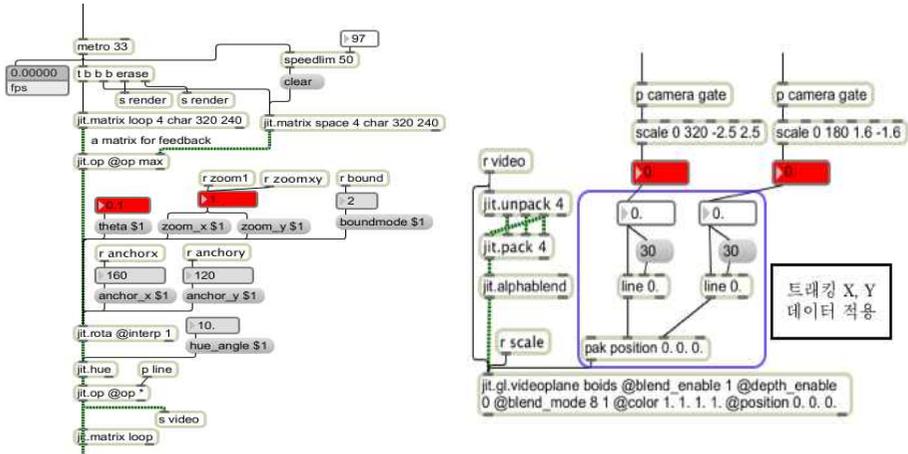


[그림-33] 강도 적용 영상 패치1

터치센서 데이터에 의해 만들어진 영상은 다시 입력 단에 들어가게 되는데 jit.matrix에 loop이라는 명칭을 부여함으로써 만들어진다.

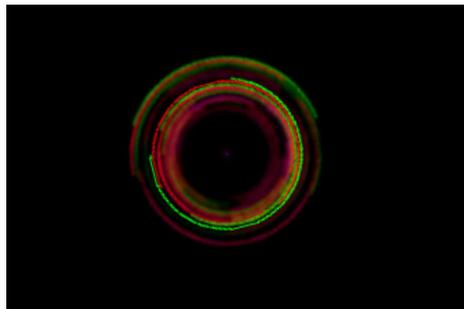
[그림-34](a)와 같이 위쪽의 jit.matrix 오브젝트와 아래쪽

jit.matrix를 loop이라는 같은 이름으로 정해주면 출력된 영상이 입력단으로 다시 돌아오면서 영상에 잔상 효과가 만들어진다.



(a) 강도 적용한 영상 패치2 (b) 적외선 트래킹에 의한 위치 조절
 [그림-34] Digital Stick에 의한 영상 제어 패치

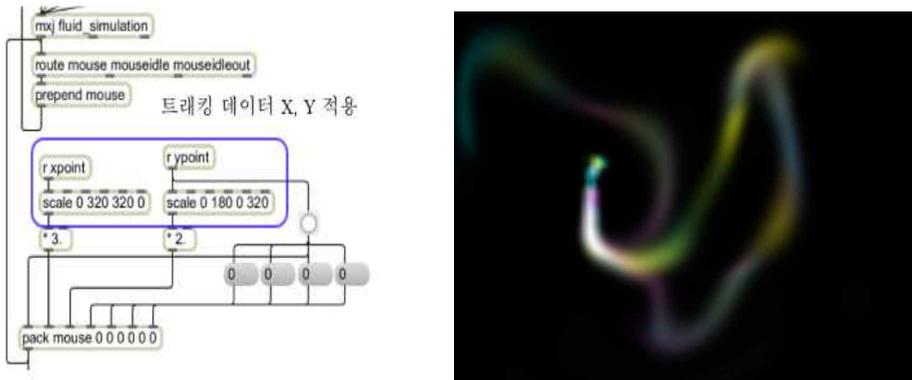
[그림-35]는 강도가 적용된 영상이다. 퍼지는 원의 영상은 [그림-34](b)와 같이 jit.gl.videoplane 오브젝트에 의해 위치가 변한다.



[그림-35] 강도 적용 영상

꿈을 그림으로 표현하기 위해 Digital Stick을 사용하여 아무것도 없는 공간에 그림을 그릴 때 나타나는 영상은 LED 라이트를 트래킹하여 얻은 데이터에 의해 생성된다.

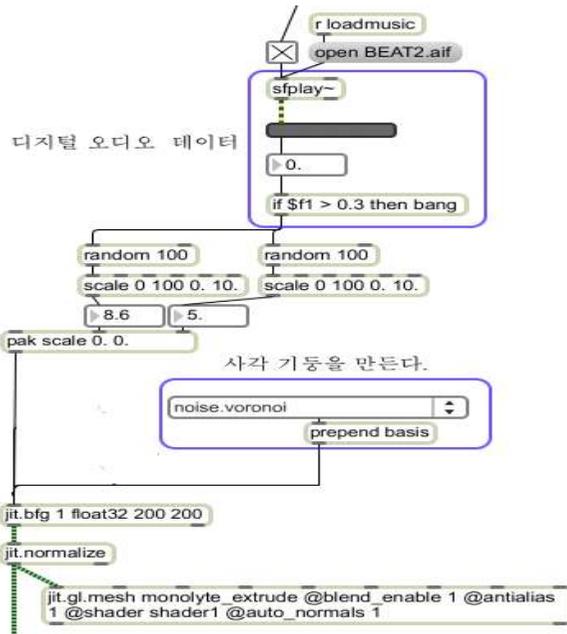
[그림-36]은 MSA Visuals에서 제공한 Fluid simulation 라이브러리를 참조하였다. LED 라이트를 트래킹하여 얻은 X, Y 데이터를 영상의 X, Y좌표에 적용하여 무용수의 움직임과 동일한 위치에 그림이 그려진다.



(a) LED 트래킹 데이터 적용 패치 (b) LED 트래킹 데이터 적용 영상
[그림-36] LED 트래킹 데이터 적용 영상

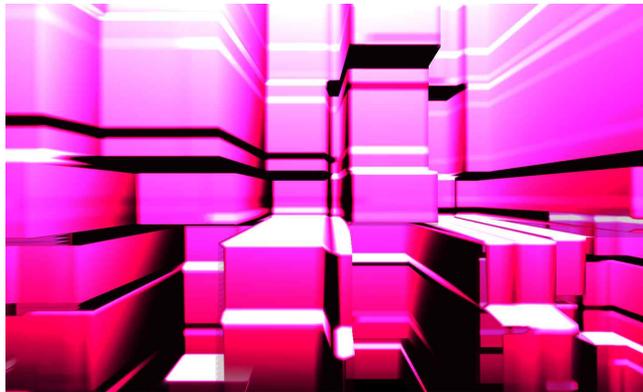
② 음량값에 의한 영상 효과

part ㉔는 꿈을 잃어 가는 자신의 모습에 절망하고 분노하는 모습을 나타내는 부분으로 긴박하고 공격적인 상태를 표현했다. ㉔에 보여지는 3D 영상은 [그림-37]과 같이 테이프음악에 나오는 드럼 비트의 음량값이 0.3보다 클 경우 랜덤하게 움직이도록 하였다.



[그림-37] 음량값에 의한 영상 효과 패치

[그림-38]과 같은 영상을 정면과 바닥 스크린에 같이 사용하여 더 효과적인 입체효과를 표현하였다.

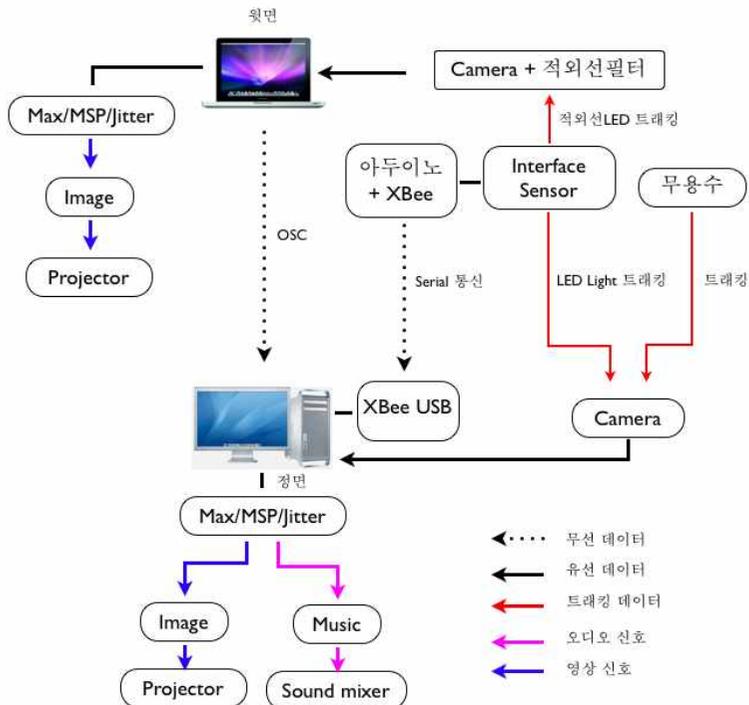


[그림-38] 음량값에 의한 영상 효과

IV. 작품에서의 기술 적용

1. 공연의 시스템 구성

<Lost>는 음악과 영상 그리고 무용수의 행위가 결합한 멀티미디어 음악 공연으로 무용수가 사용하는 Digital Stick의 움직임을 통해 음악과 영상이 제어된다. Digital Stick의 움직임은 카메라로 트래킹되며, 그 데이터는 무선통신을 거쳐 메인 컴퓨터로 보내진다. [그림-39]는 실제 공연에 쓰인 각 기기들의 시스템 구성도이다.



[그림-39] 공연 시스템 구성도

천장에 설치된 카메라가 적외선 LED를 트래킹하고, 터치센서의 데이터는 Arduino Mini와 XBee를 통해 컴퓨터로 전달된다. 추출된 데이터는 메인컴퓨터에서 Max/MSP/Jitter를 거쳐 영상과 음악을 실시간 제어한다.

2. 작품의 적용

1) Digital Stick을 이용한 실시간 사운드 프로세싱

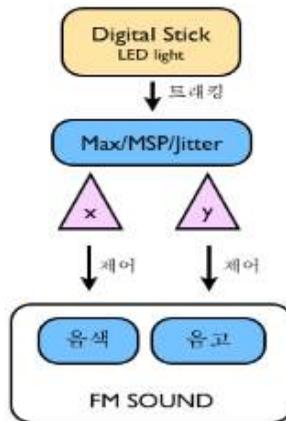
part **A**와 **A'**는 Digital Stick의 움직임에 따라 음악이 생성되는 부분으로 Digital Stick에 장착된 LED와 터치센서를 통해 제어된다. 이때 무용수는 허공에 그림을 그리는 동작을 통해 Digital Stick의 움직임을 만들어 사운드를 실시간 제어한다. 아무것도 없는 공간에 그림을 그리는 무용수의 행위는 현실과 동떨어진 공간에서 꿈을 그리는 인간의 심리를 표현한다. 아무것도 없던 공간에 그림이 그려지자 기쁜 마음에 더 열심히 그림을 그리게 되는데, 이때 FM사운드가 생성된다. 이 사운드는 테이프음악과 다른 전자합성방식으로 제작되었다. 현실에서는 들을 수 없는 사운드로 무용수가 있는 공간이 현실과는 다른 공간이라는 것을 표현하였다.

[그림-40]은 실연에서 무용수가 취한 동작이 스크린에 나타나는 장면이다. 무용수의 움직임은 Digital Stick에 반영되어 카메라로 트래킹되며, LED라이트의 데이터는 Max/MSP/Jitter 패치를 거쳐 FM사운드를 생성하게 된다. 또한 무용수의 좌우 위치이동은 스테레오 딜레이의 패닝을 제어한다. 음악과 영상의 상호작용을 통해 무용수의 감정을 관객에게 시각·청각적으로 전달할 수 있다.



[그림-40] Digital Stick의 움직임을 통한 실시간 소리변화 장면

트래킹 데이터의 FM사운드 제어는 [그림-41]과 같다.



[그림-41] 사운드 변화 다이어그램1

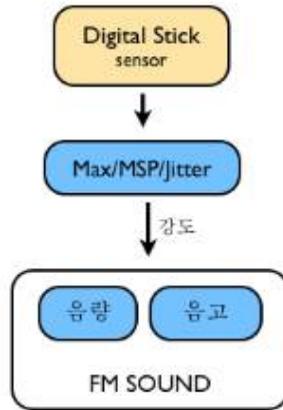
Digital Stick에 부착된 터치센서를 사용하는 부분은 무대 바닥과 허공을 타격하는 퍼포먼스를 통해 실시간 사운드가 제어된다. 무용수는

허공과 바닥을 타격하는 퍼포먼스를 이용해 꿈을 가진 자아의 설렘과 떨림의 심장 박동을 표현하며, 이때 FM사운드가 생성되어 나온다. 무용수가 [그림-42]와 같이 Digital Stick을 사용하여 바닥과 허공을 타격할 때 세 개의 터치센서를 사용하여 측정한 강도 데이터는 Max/MSP/Jitter 패치를 거쳐 FM사운드를 생성하게 된다.



[그림-42] Digital Stick의 타격 강도에 의한 소리변화 장면

실시간 생성되는 사운드는 FM에 의한 합성음으로 이루어지며, 북소리와 유사한 음색을 가진다. [그림-43]과 같이 강도는 FM사운드의 음고와 음량을 제어하여 두드리는 강도가 강해질수록 FM사운드의 음고와 음량이 커지고 바닥의 영상은 강도에 의해 퍼지는 원의 크기와 속도가 달라진다.



[그림-43] 사운드 변화 다이어그램2

2) 작품에 적용된 영상 효과

① part A의 영상 효과와 퍼포먼스

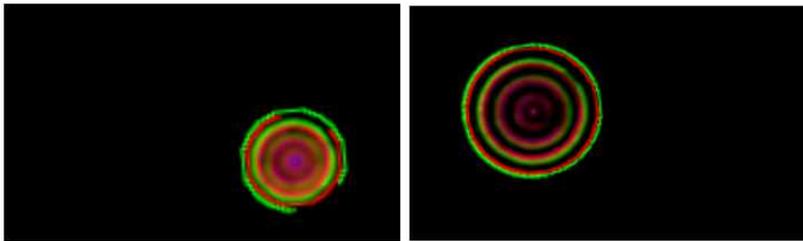
part A에서 한 소녀가 꿈을 꾸다. 이것을 이루기 위해 노력하고, 이루려는 열정을 가지고 소녀는 조금씩 꿈을 그려나간다. 스크린에 그려지는 그림을 보고 기뻐하며 더 열심히 그림을 그려나간다. Digital Stick에 부착된 LED와 터치센서, 적외선 LED는 영상을 제어하는 데이터로 사용된다. 무용수가 [그림-44]와 같이 무대에서 좌우로 이동하며 퍼포먼스를 할 때, 스크린에 움직임과 일치하는 그림이 그려진다. 라이트를 이용해 보이지 않던 꿈은 그림을 통해 보이게 된다. 이러한 꿈에 대한 희망적인 심리 상태를 빛과 색을 이용하여 영상으로 표현하였다.

터치센서와 적외선 트래킹 데이터는 영상에 나타나는 원의 크기와 퍼지는 속도를 조절한다. 이때 퍼포먼스는 타악기를 연주하는 행위로 표현되며, 자아의 떨림, 설렘에 의한 심장의 두근거림으로 표현된다.



[그림-44] part A의 퍼포먼스와 영상 효과1

무용수의 타격 강도가 강해질수록 [그림-45]와 같이 바닥에 나타나는 원의 크기와 퍼지는 속도가 빨라진다. [그림-46]은 실제 공연에 적용된 모습이다.



(a) 강도의 세기가 약할 때 (b) 강도의 세기가 강할 때
[그림-45] 강도에 의한 영상

영상이 무용수의 퍼포먼스와 일치되어 시각·청각적 효과를 전달한다.



[그림-46] part A의 퍼포먼스와 영상 효과2

② part B의 영상 효과와 퍼포먼스

part B는 현실이 아닌 공간에 살고 있던 자아가 세상 속에 나와 사회에 첫 발을 내딛는다. 하지만 세상은 소녀가 그려왔던 세상과 달랐다. 꿈은 현실과 달랐고, 현실이 될 수 없다는 사실을 알게 된다. 그 사이에서 갈등과 혼란을 겪게 된다. 꿈을 꾸던 자아는 Digital Stick을 놓치면서 현실의 세계로 들어오게 된다. B는 무용수와 음악, 영상의 상호작용이 일어나지 않는 부분으로 영상은 사전에 제작된 영상과 파티클 영상이 보여 진다. 갈등과 혼란, 불안한 심리상태의 표현을 위해 테이프 음악은 그래놀라 사운드를 사용하여 작은 알갱이들의 파티클 영상과

어우러지게 제작되었다. [그림-47]은 B의 파티클 영상 부분이다.

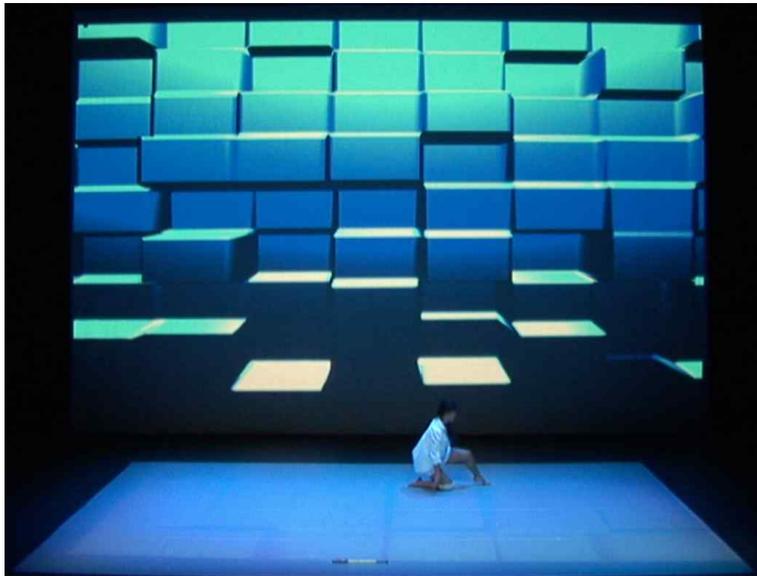


[그림-47] part B의 퍼포먼스와 영상 효과

③ part C의 영상 효과와 퍼포먼스

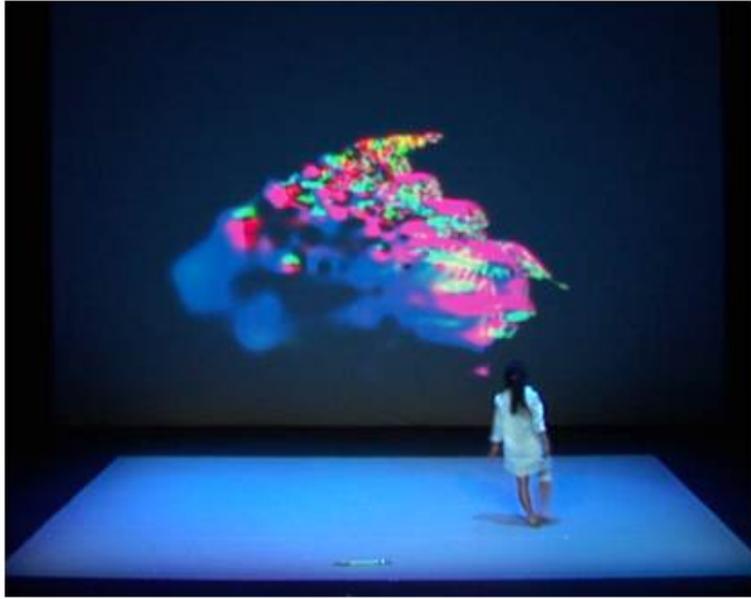
part C는 꿈을 현실로 만들기 위해서 노력하지만, 세상은 꿈을 점점 흐릿하게 만들고, 세상에 동화되어 현실과 타협하는 자신의 모습과 상황에 분노하고 절망하게 된다. 음악과 영상이 서로 상호작용이 이뤄지는 부분으로 영상은 테이프음악의 드럼 비트와 무용수의 움직임에 의해 영상이 반응하도록 제작되었다. 드럼 비트는 자아의 절망과 분노의 공격적인 감정을 표현하기 위해 사용된다. 영상은 정면과 바닥 스크린에 동시에 나타나며, 드럼 비트 소리에 의해 제어되어 3차원 영상의 움직임으로 표현된다. 음량 값이 커지게 되면 기둥의 원근감이 커지며 입체

감을 느낄 수 있도록 제작되었다. 3D 영상으로 입체감을 주어 자아가 현실세계에 느끼는 두려움을 표현하였다. 드럼 비트가 입체 영상과 상호 작용하여 자아의 감정을 효과적으로 전달하고 있다. [그림-48]은 드럼 비트 소리가 나왔을 때만 변화하는 영상이다.



[그림-48] part ㉔의 퍼포먼스와 영상 효과1

무용수의 움직임이 정면 카메라에 의해 트래킹되어 영상으로 보이는데 이 영상은 움직임이 딜레이 되어 나타난다. 꿈과 열정이 점점 사라져가는 현실에 대한 절망과 분노를 표현한 부분이다. 딜레이 되어 보이는 영상은 꿈을 가졌던 자신의 모습에서 멀어지는 자신과 절망과 혼란을 겪는 자아의 심리 상태 동시에 보여준다. 다시 예전의 자신으로 돌아가기 위해 꿈을 잡으려 하지만 잡히지 않는다. [그림-49]는 꿈에서 떨어져 버린 자신의 모습을 보고 절망과 혼란을 표현하는 퍼포먼스이다.



[그림-49] part C의 퍼포먼스와 영상 효과2

④ part A'의 영상 효과와 퍼포먼스

part A'는 결국 꿈을 이루지 못한 자아가 현실에 동화되어 살아가는 부분이다. 하지만 현실에 안주하며 살아가지만 마음속 한 구석에서는 또 다시 꿈을 꾸고 있고, 언젠가는 이루어질 수 있는 날이 올 것이라 믿는다. Digital Stick과 음악, 영상이 서로 상호작용이 이뤄지는 부분으로 꿈을 잃고 주저앉아 있던 자아는 Digital Stick을 사용하여 다시 꿈을 꾸기 시작한 마음을 표현한다. [그림-50]과 같이 Digital Stick을 사용하여 천천히 그림을 그려나간다. 그림이 그려지는 것을 본 자아는 조금 더 용기를 내 무대를 옮겨 다니면서 그림을 그려나간다. LED의 라이트는 현실과 타협하여 살아가지만 마음속에 꿈이 있음을 표현한다. Digital Stick의 빛과 색을 이용하여 다시 꿈을 꾸기 시작한 자아의

심리를 표현하였다. 테이프 음악은 지속음과 따뜻하고 가벼운 음색이 사용되며, 타악기를 제외시켜 긴장된 느낌보다는 현실에서 안주하는 안정된 모습을 표현하였다.



[그림-50] part A의 퍼포먼스와 영상효과

V. 결론

멀티미디어 작품은 음악, 영상, 무용 등 다양한 미디어들의 결합에 의해 작가의 의도를 더욱 효과적으로 전달한다.

본 연구는 멀티미디어 인터페이스 Digital Stick 제작을 중심으로 음악과 영상의 결합을 통해 만들어지는 멀티미디어 작품 제작의 전반에 관한 연구이다. Digital Stick은 새로운 개념의 악기로, 연주자는 이 악기를 통해 음악과 영상의 상호작용을 만들어가며, 작가와 연주자의 의도를 더 실질적으로 관객에게 전달할 수 있다. Digital Stick에 사용된 트래킹 기술과 센서 기술은 Max/MSP/Jitter, Arduino를 사용하여 사운드와 영상을 제어하며, 시각·청각적 예술 표현을 가능하게 하였다.

작품을 제작에 있어 중요한 두 가지 관건은 작품의 주체인 무용수가 Digital Stick을 자유롭게 사용할 수 있는 환경을 만들어 주는 것과 이때 Digital Stick 데이터의 효과적인 추출 방법을 연구하는 것이었다. 또한 무용수의 움직임이 음악과 영상과 유기적인 관계를 갖도록 맵핑하는 것 역시 중요한 사항으로 연구되었다. 이러한 특징 중 가장 제작에 어려움을 주었던 것은

첫째, 적외선 LED는 직진 방향성을 갖기 때문에 Digital Stick의 작은 움직임을 트래킹하기 위해 적외선 LED의 개수와 간격을 좁게 제작해야 한다는 것이다. 하지만 Digital Stick의 크기의 한계로 인해 많은 적외선 LED를 제작할 수 없었다. 이를 해결하기 위해 Digital Stick의 양면에 LED를 제작하였다. 공연에는 조명을 사용하게 되는데 이때 조명에서 나오는 미세한 적외선 파장의 영향을 작품에 최소화하기 위해 조명의 밝기를 최대한 줄여주었다.

둘째, 바닥 스크린에 영상을 영사하는 과정에서 영상의 선명도가 떨어

지는 문제가 발생했다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 바닥 스크린인 댄스 플로어를 검정색이 아닌 회색을 사용하였다. 하지만 정면 스크린에 비해 선명도가 많이 떨어져 실연에는 조명의 밝기를 최대한 낮춰 사용하였다.

Digital Stick을 통해 사운드와 영상을 인터랙티브하게 제어하여 다양한 예술 표현이 가능하였고, 관객은 시각·청각을 동시에 경험하여 작곡가의 의도와 감정 표현을 쉽게 이해하게 되었다.

Keyword (검색어) : 멀티미디어 아트(multimedia art), 인터랙티브 아트(interactive art), 적외선 트래킹(infrared tracking), LED 트래킹(LED tracking), Arduino

E-mail: castle235@hanmail.net

참 고 문 헌

1. 단행본

- 동국대학교 컴퓨터음악연구실 편저, 「멀티미디어 음악을 위한 JITTER」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과 컴퓨터음악전공, 2008)
- 정성환 「오픈소스 OpenCV를 이용한 컴퓨터 비전 실무 프로그래밍」 (홍릉과학출판사, 2007)
- 조재원, 「멀티미디어와 인터랙티브 아트」 (한국학술정보(주), 2001)
- 허은, 안지영, 박상훈, 「멀티미디어와 예술」 (한국학술정보(주), 2001)
- Roads, Curtis. "The Computer Music Tutorial." Massachusetts: The MIT Press Cambridge. (1996)
- Boulanger, Richard. "The Csound Book." The MIT Press (2000)
- Igoe, Tom. "Making Things Talk." O'REILLY (2007)

2. 학위논문

- 김근형, 허문경, 여운승 “야광봉 형태의 음악 인터페이스 개발”, 「한국 공학·예술학회 논문지」, 제1권 1호 (2009)
- 김민경, “비보잉 동작에 의한 오디오-비주얼 작품 제작 연구”, 「동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과」, (2010)
- 김영민, “적외선LED의 트래킹을 이용한 멀티미디어음악작품 연구”, 「동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과」, (2009)
- 김종현, “뇌파와 모션 디텍션을 이용한 멀티미디어 음악 제작 연구”, 「동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과」, (2010)
- 이동빈, “실시간 동작 추적을 이용한 멀티미디어음악 제작 연구”, 「동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과」, (2010)
- 이승현, “인터랙티브 미디어 퍼포먼스의 성과와 당면과제에 대한 연구”, 「서울시립대학교」, (2008)
- 한기열, 박상범, 김준 “국악 타악기 인터페이스 제작을 위한 타격 강도에 따른 소리 변화”, 「한국 공학·예술학회 논문지」, 제2권 1호 (2010)

3. 인터넷

- Arduino (<http://www.arduino.cc>)
- <Brain Opera> project homepage (<http://brainop.media.mit.edu>)
- CNMAT (<http://cnmat.berkeley.edu>)
- Max/MSP/Jitter Forum (<http://www.cycling74.com/forums/index.php>)
- MSASVisuals (<http://www.msavisuals.com>)

Abstract

Interactive multimedia performance <LOST> using Digital Stick

Hyunah Lee

Digital Stick was made for natural expression of performer's feeling. It conveys the feeling of performer and the intention of composer effectively controlling the sound and video image of the Multimedia piece <Lost>. Digital Stick has a similar shape with percussion's It expresses people's feeling about their dream.

<Lost> is composed of 4 parts and part **A** creates the sound and video image of a girl's hope and romance about her dream. Part **B** expresses the conflict between the dream and reality of the girl's self ego. Part **C** views the image of despair, pain, and anger of the girl's dream that cannot be real in reality using the camera. Part **A'** again shows the girl's new dream and her hope and romance with Digital Stick.

Digital Stick uses sensor and infrared LCD, LED tracking and it creates mutual interact of the music and the video image through Max/MSP/Jitter.

Digital Stick controls the music and video image so interactively that it can make various expression. And audiences can

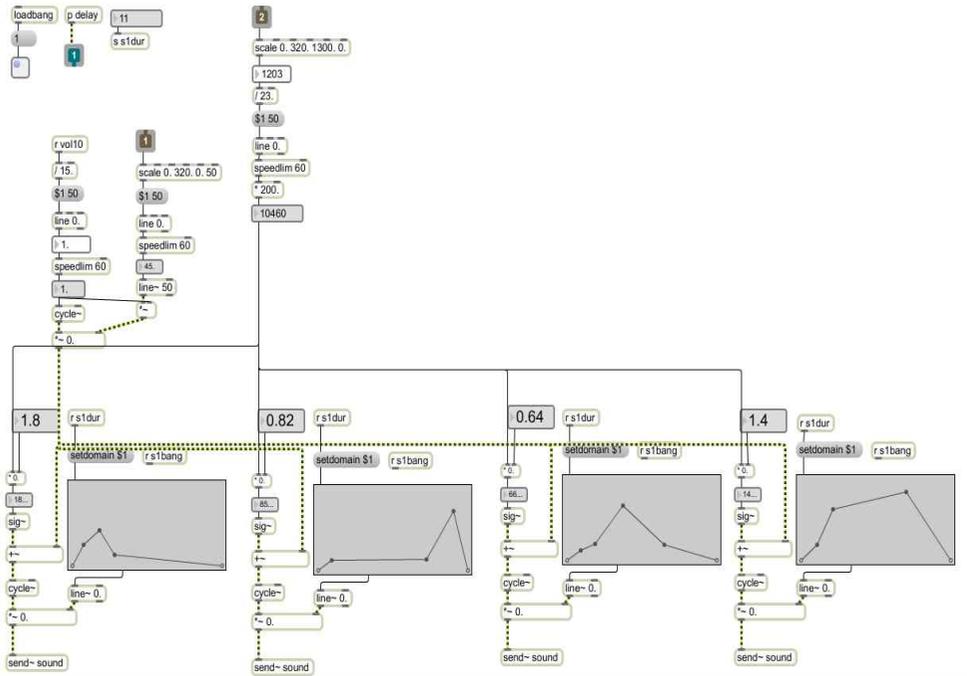
experience the visual and sound effect at the same time understanding what performer want to express to them.

부 록 - 1 : 첨부 DVD 설명

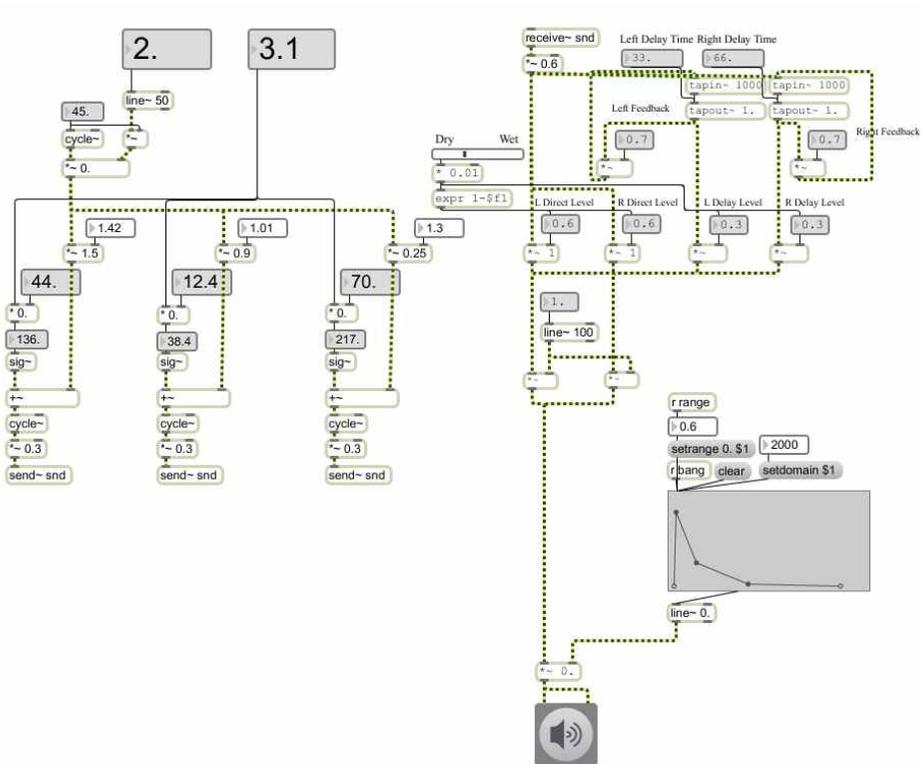
1. **SIMM 2010_Performance** : 2010년 11월 12일 이해랑 예술극장
<LOST>의 공연실황
2. **Max/MSP/Jitter Patches** : <LOST> 공연을 위한
Max/MSP/Jitter 패치들
3. **TAPE MUSIC** : <LOST> 공연을 위한 테이프음악

부 록 - 2 : Max/MSP/Jitter 패치

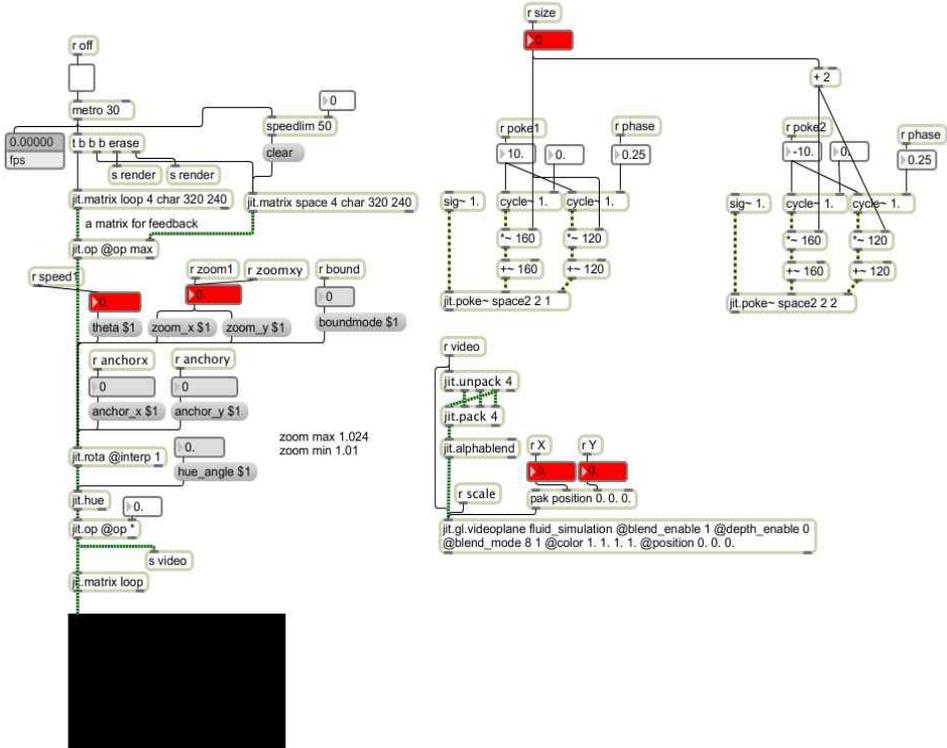
1. FM사운드 ①



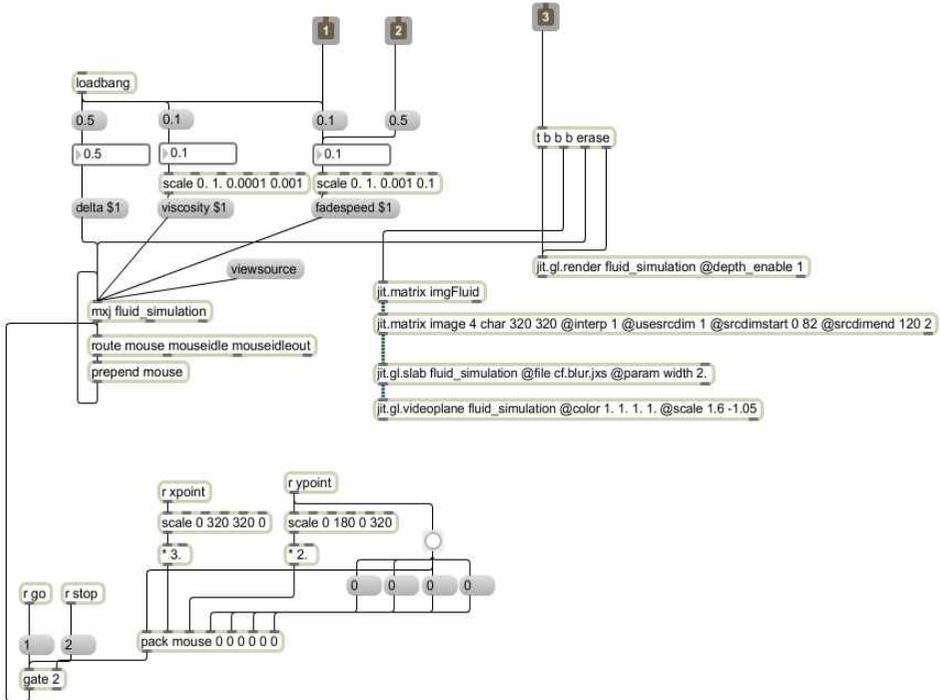
2. FM사운드 ②



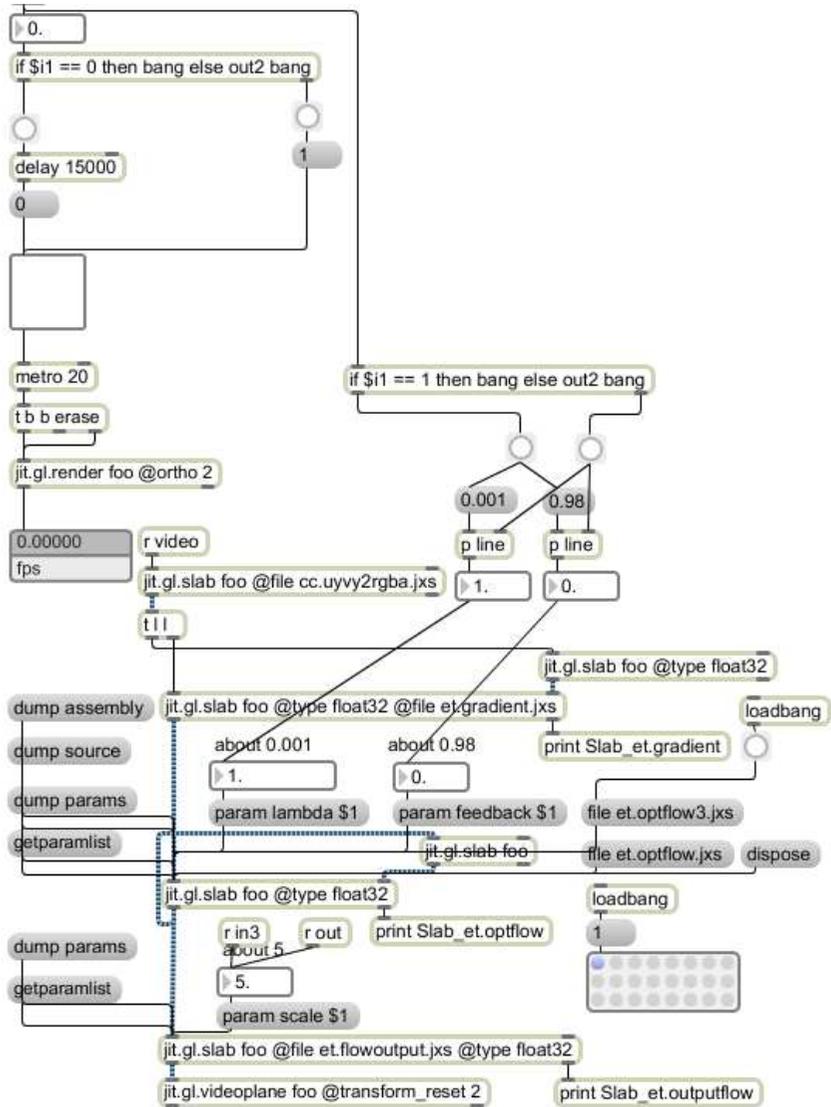
3. part 1, 4 영상 패치 ①



4. part 1, 4 영상 패치 ②



5. part 3 영상 패치



6. 적외선 LED와 LED 트래킹 패치

