



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

실시간 모션 트래킹에 의한 프로젝션 맵핑과
인터랙티브 멀티미디어 작품 제작 연구

-멀티미디어 작품 <The Dream Show>를 중심으로-

지도교수 김준

동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과

임소혁

2024

석사학위논문

실시간 모션 트래킹에 의한 프로젝션 맵핑과
인터랙티브 멀티미디어 작품 제작 연구

-멀티미디어 작품 <The Dream Show>를 중심으로-

임소혁

지도교수 김준

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2023년 12월

임소혁의 음악석사(컴퓨터음악) 학위 논문을 인준함

2024년 1월

위원장 정진현 (인)

위원 김정호 (인)

위원 김준 (인)

동국대학교 영상대학원

목 차

I. 서론	1
1. 연구 배경 및 목적	1
2. 사례 연구	2
II. 기술 연구	5
1. 사운드 디자인 연구	5
1) tape-music을 위한 사운드 디자인	5
① additive synthesis	6
② FM synthesis	8
③ wavetable synthesis	11
④ granular synthesis	13
⑤ formant synthesis	15
2) 실시간 연주를 위한 사운드 디자인	17
① delay	17
② flanger	18
③ chorus	19
④ bit crusher	20
⑤ filter	21
2. 모션 트래킹 기술 연구	22
1) 모션 트래킹 센서의 선택	22
2) Azure Kinect DK를 이용한 모델의 움직임 분석	27
3. 영상 시스템 연구	28
1) 영상 시스템	28
2) TouchDesigner로 제작한 의류 패턴의 종류	30
3) Arena와 After Effect를 통한 무대 배경 비주얼	32

4) 프로젝션 맵핑을 위한 비주얼	34
5) 프로젝션 맵핑을 위한 의상의 형태와 재질 선택	36
4. 공연 및 연동 시스템 연구	37
1) 공연 시스템	37
2) OSC 통신을 통한 음악과 영상의 연동 시스템	40
III. 연구 기술의 작품 적용	42
1. 작품 소개	42
2. 작품 구성	43
1) 음악 구성	43
2) 영상 구성	45
3. 작품에서의 기술 적용 및 효과	49
IV. 결 론	58
참 고 문 헌	60
ABSTRACT	63
부록 : 첨부 DVD 설명	65

표 목 차

〈표-1〉 Max에서 사용 가능한 여러 파형의 오브젝트	7
〈표-2〉 남성의 모음에 따른 formant frequency와 amplitude	16
〈표-3〉 패턴 1번 (Circle)	30
〈표-4〉 패턴 2번 (Paint)	30
〈표-5〉 패턴 3번 (Water)	31
〈표-6〉 패턴 4번 (Stripe)	31
〈표-7〉 패턴 5번 (Antique)	32
〈표-8〉 Arena의 영상효과	33
〈표-9〉 파트별 음악의 BPM과 타임라인	43
〈표-10〉 파트별 음악의 BPM과 타임라인 두 번째	43
〈표-11〉 Intro 파트의 패턴	45
〈표-12〉 A 파트와 B 파트의 패턴	45
〈표-13〉 Chorus1 파트의 패턴	46
〈표-14〉 B2 파트의 패턴	46
〈표-15〉 Chorus2 파트의 패턴	47
〈표-16〉 Interlude 파트의 패턴	47
〈표-17〉 B3 파트의 패턴	48
〈표-18〉 Outro 파트의 패턴	48
〈표-19〉 사운드 프로세싱에 적용되어 있는 영상효과	49
〈표-20〉 Intro 파트의 기술 적용 및 효과	50
〈표-21〉 A 파트의 기술 적용 및 효과	51
〈표-22〉 B 파트의 기술 적용 및 효과	51
〈표-23〉 Chorus1 파트의 기술 적용 및 효과	52
〈표-24〉 B2 파트의 기술 적용 및 효과	53
〈표-25〉 Chorus2 파트의 기술 적용 및 효과	54
〈표-26〉 Interlude 파트의 기술 적용 및 효과	55
〈표-27〉 B3 파트의 기술 적용 및 효과	56
〈표-28〉 Outro 파트의 기술 적용 및 효과	57

그림 목 차

[그림-1]	프로젝션 맵핑이 의상에 적용된 모습	2
[그림-2]	LG전자의 스트레처블 디스플레이	3
[그림-3]	Adobe 사의 웨어러블 디스플레이	4
[그림-4]	Max의 cycle~ 오브젝트를 이용하여 100Hz, 200Hz의 사인파를 생성하고 가산 합성법을 통해 합성된 파형	6
[그림-5]	7개의 oscillator를 사용한 additive synthesis 패치	7
[그림-6]	FM synthesis의 기본적인 형태	8
[그림-7]	simple FM synthesis 패치	9
[그림-8]	carrier oscillator와 modulating oscillator의 ADSR 조절이 가능한 Max for Live FM synthesis 패치	10
[그림-9]	wavetable synthesis의 대표적 가상악기 Serum	11
[그림-10]	Serum의 wavetable editor 이미지	12
[그림-11]	440Hz 사인파형과 granular synthesis를 적용한 파형	13
[그림-12]	munger~를 사용한 granular synthesis 패치	14
[그림-13]	spectroscope~를 사용하여 0~5500Hz 범위로 분석한 포먼트	15
[그림-14]	fffb~에서 5개의 filter를 활용하여 A, E, IY, O를 구현	16
[그림-15]	delay 패치	17
[그림-16]	flanger 패치	18
[그림-17]	chorus 패치	19
[그림-18]	bit crusher 패치	20
[그림-19]	low pass filter 패치	21
[그림-20]	(좌) Outside-in, (우) Inside-Out	22
[그림-21]	Azure Kinect DK의 구성도	24
[그림-22]	Azure Kinect DK의 color image, depth image, skeleton tracking, player index	25

[그림-23] 4:3모드의 RGB 카메라의 센서 범위와 Depth 카메라의 NFOV, WFOV 두 가지 모드의 센서 범위	26
[그림-24] TouchDesigner에서 chest 값을 추출하는 패치	27
[그림-25] 의류 패턴	28
[그림-26] 쇼 무대 배경	28
[그림-27] 영상 시스템	29
[그림-28] Tunnel Loop	32
[그림-29] kantanMapper	34
[그림-30] TouchDesigner에서 kantanMapper를 사용하여 프로젝션 맵핑에 용이한 형태로 만들어 주는 과정	34
[그림-31] 최종 적용된 의류 패턴의 형태	35
[그림-32] 패턴을 실시간으로 움직이는 모델에 맵핑한 모습	35
[그림-33] 여러 형태의 드레스 스케치	36
[그림-34] 무대 사진	37
[그림-35] 무대 구성	38
[그림-36] 프로젝션 맵핑하는 면적 외의 빛 차단	39
[그림-37] OSC Send 패치	40
[그림-38] TouchDesigner OSC In	41
[그림-39] Arena OSC 설정	41

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

게임, 스마트폰, 가상현실 등 기술의 발전으로 인해 예술 작품의 소재 또한 다양해지고 대중화되고 있다. 그 중 프로젝션 맵핑(projection mapping)¹⁾이란 기술은 다양한 매체에서 적극적으로 활용되며 여러 유형의 예술 작품을 창조하고, 우리에게 새로운 시각(insight)과 경험을 선사하고 있다. 건물 외벽, 구조물, 문화 공간 등에 적용하여 예술적 표현 요소로 사용되고 있는 프로젝션 맵핑의 기술은 대부분 고정된 표면에 영상이 투사되는 형태를 가지고 있다. 이러한 점을 착안하여 본 연구에서는 움직이는 물체에 프로젝션 맵핑을 고안하였고, 이를 활용할 수 있는 매체로 패션쇼(fashion show)를 선택하게 되었다. 기존의 패션쇼는 런웨이(runway)를 걷는 모델이 다채로운 의상을 선보이며, 의상과 음악 및 무대 배경이 조화롭게 어우러져 관중을 매료시킨다. 의상의 변화를 다수의 모델을 통해 보여준 기존 패션쇼와는 달리, 본 연구는 단일 모델의 의상 패턴이 프로젝션 맵핑을 통해 변화하는 작품을 기획하게 되었다. 움직이는 모델에게 프로젝션 맵핑을 하기 위해 모션 트래킹(motion tracking)²⁾ 센서를 활용하였고, 이를 통해 단일 모델의 움직임과 위치를 실시간으로 추적하는 새로운 형태의 실시간 인터랙티브(interactive) 멀티미디어(multimedia) 작품 <The Dream Show>를 제작하였다.

<The Dream Show>는 패션쇼의 형태를 통해 의상의 패턴만이 아닌 음악, 무대 배경을 실시간으로 변화할 수 있는 가능성을 제시하고 있다. 모델의 움직임과 위치를 실시간으로 감지하여, 해당 정보를 기반으로 프로젝션 맵핑이 패션 요소들에 즉각적으로 반응한다. 이로써, 의상의 패턴 디자인은 물론이고,

1) 대상물의 표면에 빛으로 이루어진 영상을 투사하여 변화를 줌으로써, 현실에 존재하는 대상이 다른 성격을 가진 것처럼 보이도록 하는 기술.

2) 사람의 움직임을 추적하기 위해 사용되는 기술.

쇼의 배경과 음악의 사운드까지 실시간으로 변화하는 것을 구현할 수 있었다. <The Dream Show>는 예술과 기술의 융합적 접근을 통해 관객에게 새로운 시각과 경험을 선사하는 것에 중점을 두었다.

2. 사례 연구

최종 완성되면 변화할 수 없는 정적인 형태를 가진 의류를 동적인 이미지로 변화시킨 사례는 다음과 같다. 첫 번째 사례는 프로젝션 맵핑을 사용하여 의상에 영상을 투사하는 방법이고, 두 번째 사례는 원단 형태를 디스플레이 구현이 가능하도록 하는 방법이 있다.

프로젝션 맵핑을 활용하여 의상에 영상을 투사한 사례인 [그림-1]³⁾은 2013년 미국 Grammy Awards⁴⁾에서 가수 Carrie Underwood가 선보인 무대이다. 해당 무대에서는 가수의 움직임과 위치에 제한을 두고, 정지된 표면에 프로젝션 맵핑을 적용하는 방식을 사용했다.

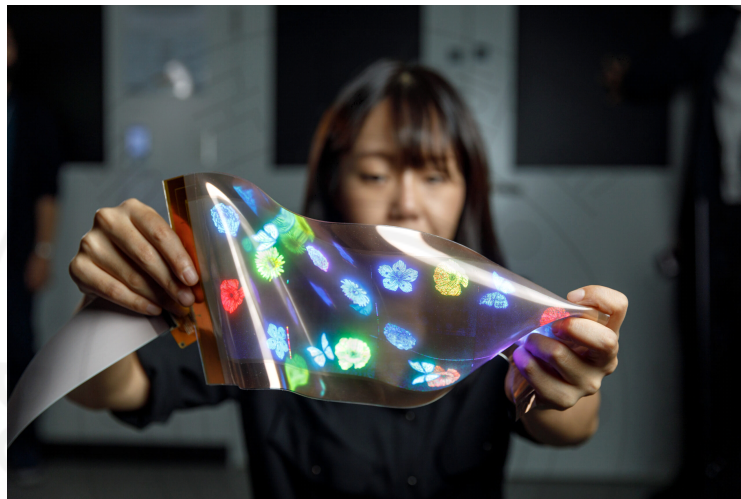


[그림-1] 프로젝션 맵핑이 의상에 적용된 모습

3) <https://images.csmonitor.com/>

4) 그래미 어워드 또는 그래미는 음악계의 높은 업적을 가진 아티스트와 음악 작품을 인정하는 시상식이다.

[그림-2]⁵⁾는 2022년 LG전자에서 개발한 디스플레이로, 12인치 크기에서 최대 20% 늘어나는 고해상도 디스플레이 환경인 스트레처블 디스플레이이다. 프로젝션 맵핑으로 물체에 영상을 투사하는 방식이 아닌 물체 자체에 디스플레이를 구현하는 기술이다. 해당 기술을 활용하여 의류 전체를 디스플레이 환경으로 제작하기에는 현재로서 불가능하다. 따라서 이를 대중화하기에는 많은 연구가 필요하다.



[그림-2] LG전자의 스트레처블 디스플레이

[그림-3]⁶⁾은 LG전자의 스트레처블 디스플레이와 다르게 Adobe 사에서 패션 업계를 겨냥하여 개발한 웨어러블 디스플레이(Project Primrose)이다. 이는 AI를 활용하여 패브릭(fabric) 패턴, 색상 및 스타일을 실시간으로 변경하는 드레스이다. 해당 기능은 색상 제한이 있으며, 간단한 패턴 변화만을 보여준다.

5) <https://news.lgdisplay.com/>

6) <https://project-primrose.com/>



[그림-3] Adobe 사의 웨어러블 디스플레이

앞서 소개한 사례와 같이 실시간으로 변화하는 의상에 대한 시도가 존재하고, 이를 가능하게 할 수 있는 기술이 개발되었다. 웨어러블 디스플레이는 기술 개발에 따른 구현 형태의 완성도가 높지 않아 프로젝션 맵핑을 사용하여 투사하는 방식을 선택하였다. 또한 모션 트래킹을 활용하여 움직이는 물체에 프로젝션 맵핑이 가능하도록 연구를 진행하였다.

II. 기술 연구

1. 사운드 디자인 연구

본 논문에서 다루고 있는 멀티미디어 작품 <The Dream Show>는 패션쇼 형태의 작품이다. 이는 패션쇼 특성상 시각적 요소가 큰 비중을 차지하는데 반해, 본 작품은 청각적인 요소 또한 큰 비중을 차지한다. 패션쇼에서 사용하는 음악은 의상 분위기에 적합한 음악을 제작하거나, DJ(Disk Jockey)를 통해 음악을 재생한다. 본 연구에서는 오퍼레이터 역할인 연구자가 실시간으로 연주하여 청각적 요소와 시각적 요소의 상호작용을 명확하게 보여줄 수 있는 작품을 제작하기 위해 사운드 디자인을 연구하였다.

1) tape-music을 위한 사운드 디자인

본 연구에서 다루고 있는 테이프 음악(tape-music)⁷⁾의 사운드 제작 기법의 첫 번째 방법으로 Max⁸⁾와 Serum⁹⁾을 통한 신디사이저(synthesizer)를 주로 사용하였다. 신디사이저란 전자적 신호를 오디오 신호로 변환하여 각종 악기의 음색을 발생시키고 변경, 합성하여 연주할 수 있는 전자악기이다. 신디사이저의 음향 신호계의 기본 회로는 오실레이터(oscillator)¹⁰⁾, 필터(filter)¹¹⁾, 앰프(amplifier)¹²⁾ 3개의 회로와 모듈레이션(modulation)¹³⁾으로 제어된다. 두 번째 방법으로는 샘플링(sampling) 기법을 사용하여 프로세싱된 소스와 녹음된 소스를 편집하여 제작하였다. 드럼과 같은 어쿠스틱(acoustic)

7) 전자음악 초기의 한 분류로 구체 음악, 구상 음악을 말한다. 본 논문에서는 합성한 사운드 소스를 편집하여 제작한 음악을 의미한다.

8) Cycling74사에서 비주얼 프로그래밍 언어 및 개발 환경.

9) Xfer Records사에서 제작한 소프트웨어 신디사이저.

10) 전기적 신호로 발생하는 발진기.

11) 특정한 대역의 배음을 남기고 나머지를 잘라내거나 강조할 수 있는 장치.

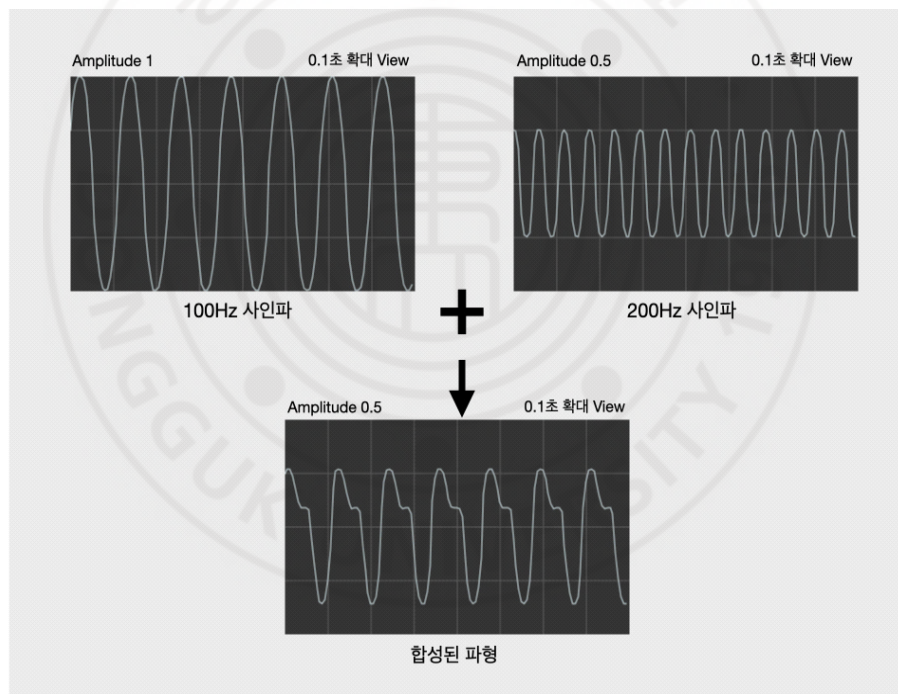
12) 가공된 음을 증폭하는 장치.

13) 신디사이저의 각 단계에 작용하여 변조를 주는 장치.

악기와 다양한 FX 사운드는 샘플링을 통해 역재생(reverse), 음고(pitch), 재생 속도 등을 변형하여 테이프음악에 다양성을 표현했다. DAW(Digital Audio Workstation)¹⁴⁾는 Ableton Live¹⁵⁾를 사용하여 테이프음악을 제작하였다.

① additive synthesis

additive synthesis(가산 합성법)는 신디사이저의 종류 중 하나로 파형과 파형을 더하여 만드는 방식의 악기이다. 기본 파형인 사인(sine)파를 시작으로 파형들을 쌓아가며 배음이 추가되는 방식이다. 악기는 배음의 간격과 음량 값에 따라 음색이 달라진다.[그림-4]



[그림-4] Max의 cycle~ 오브젝트를 이용하여 100Hz, 200Hz의 사인파를 생성하고 가산 합성법을 통해 합성된 파형

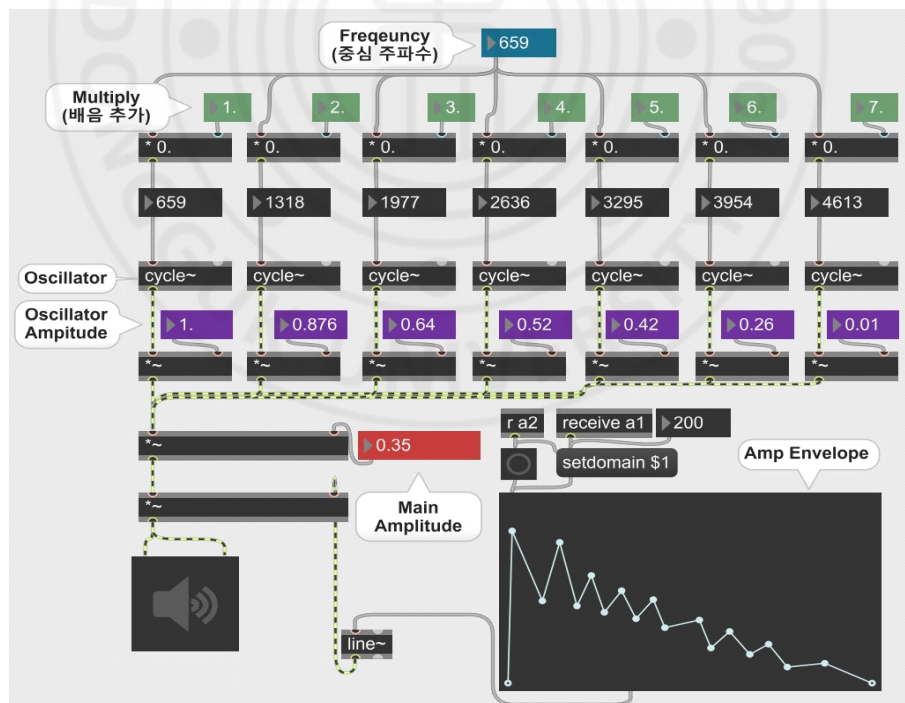
14) 디지털 신호처리를 이용하여 오디오 및 음악의 녹음, 편집, 재생을 하는 소프트웨어를 뜻한다.
 15) Ableton 사에서 개발한 소프트웨어 디지털 오디오 워크스테이션이다. 타사의 시퀀서와 달리 라이브 공연을 위한 악기의 역할을 할 뿐 아니라 합성, 녹음, 작곡, 믹싱, 마스터링을 위한 도구로 활용할 수 있다.

Max에서는 cycle~을 통한 사인파형 외에도 다양한 파형을 생성할 수 있다. <표-1>은 Max에서 사용이 가능한 여러 파형의 오브젝트다.

<표-1> Max에서 사용 가능한 여러 파형의 오브젝트

오브젝트	파형
saw~	톱니 (sawtooth) 파형
tri~	삼각 (triangle) 파형
rect~	사각 (square) 파형
cos~	코사인 (cosine) 파형
phasor~	사각파와 톱니파형 등으로 변환 가능

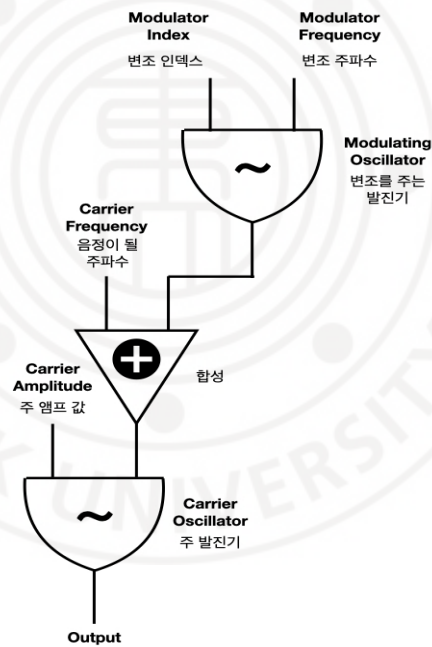
Max에서 생성한 파형들의 주파수 (frequency), 앰프값 (amplitude), envelope의 값을 설정하여 가산 합성법을 통해 사운드를 만들었다. [그림-5]



[그림-5] 7개의 oscillator를 사용한 additive synthesis 패치

② FM synthesis

Frequency Modulation(FM) synthesis는 주파수 변조 합성 신디사이저이다. 해당 방식은 주파수가 변조기를 거쳐 주파수를 변경해 사운드를 합성하는 방식을 의미한다. FM synthesis를 구현하기 위해서는 주 발진기인 carrier oscillator와 거기에 변조를 주는 발진기인 modulating oscillator가 필요하다. 두 개의 oscillator만으로 많은 배음을 생성하여, 다양하고 독특한 사운드를 제작할 수 있다. 또한 modulating oscillator의 주파수 값이 인간의 가청주파수¹⁶⁾ 영역보다 낮아지는 것을 LFO¹⁷⁾라고 부른다. 아래의 [그림-6]은 FM synthesis의 도식이다.

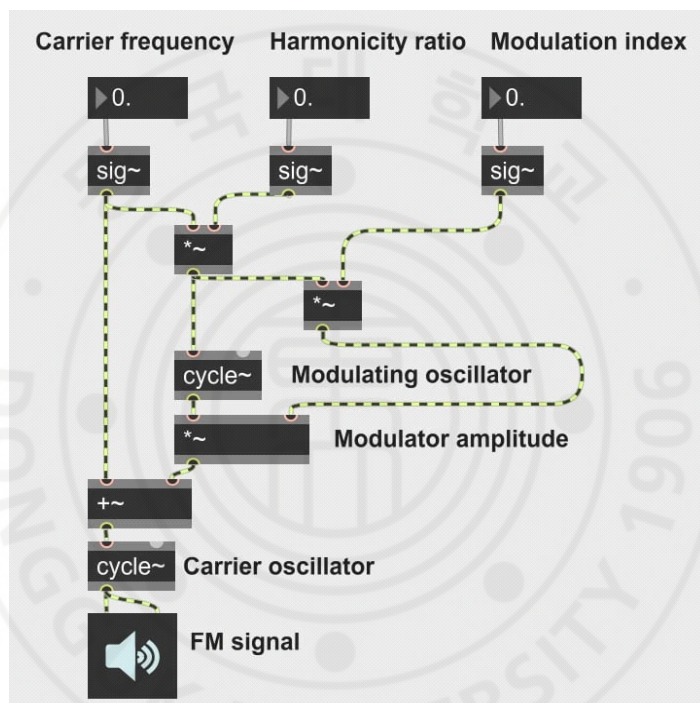


[그림-6] FM synthesis의 기본적인 형태

16) 사람의 귀로 들을 수 있는 음파의 주파수. 보통 20Hz~20kHz로 정의.

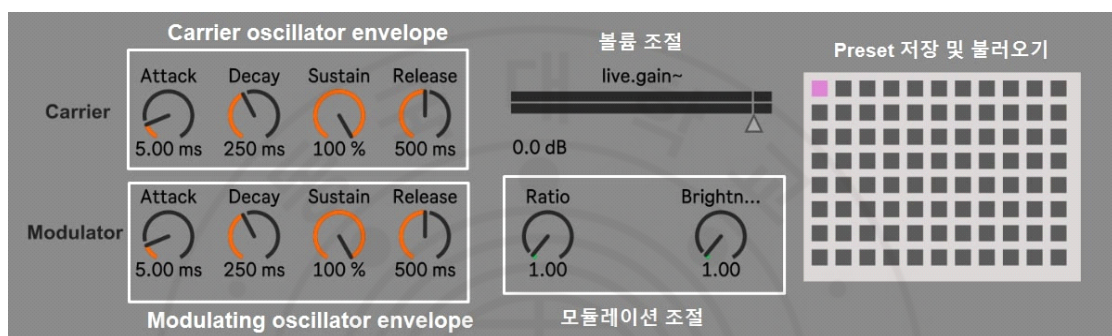
17) Low Frequency Oscillator의 약자로 envelope와 같이 모듈레이션을 주는 소스 중 하나.

[그림-7]은 FM synthesis의 기본적인 형태를 Max에서 구현한 simple FM synthesis 패치이다. carrier frequency에 음정이 될 주파수를 입력하고, 배음의 비율(harmonicity ratio)과 modulation index를 조절하여 FM 사운드를 구현할 수 있다. carrier oscillator에 cycle~이 아닌 phasor~나 saw~ 등 다른 파형을 선택하는 것으로 다양한 FM synthesis 구현이 가능하다.



[그림-7] simple FM synthesis 패치

본 연구는 Ableton Live와 호환이 가능한 Max for Live¹⁸⁾ 패치로 제작했다. 사인파형보다 톱니파형을 사용하는 것으로 더욱 많은 배음들이 파생되어서 Simple FM synthesis와는 다르게 carrier oscillator에 cycle~을 사용하지 않고 saw~를 사용했다. [그림-8]에서는 carrier oscillator와 modulating oscillator에 envelope를 추가하여 ADSR¹⁹⁾을 조절할 수 있게 제작했다. ADSR 조절을 통해 더욱 정교한 FM synthesis의 구현이 가능하다.



[그림-8] carrier oscillator와 modulating oscillator의 ADSR 조절이 가능한 Max for Live FM synthesis 패치

18) Max의 패치를 Ableton live에서 사용이 가능하게 만든 프로그램.

19) Attack, Decay, Sustain, Release 의 약자로 envelope를 수치화한 모델이다.

③ wavetable synthesis

wavetable(WT) synthesis의 방식은 디지털로 샘플링된 아주 짧은 주기의 파형을 사용하는 합성 방식이다. 다양한 종류의 파형들이 존재하는 테이블(table)에서 취향에 맞는 파형을 선택하고, 해당 파형이 속한 wavetable의 위치를 바꾸거나(WT position) 파형을 수정하는 방식으로 사운드를 변형시킨다. Max를 사용하여 wavetable synthesis를 구현할 수 있지만 라이브 환경에서의 편의성과 더욱 폭넓은 파형을 쉽게 사용하기 위해 Serum이라는 가상악기를 사용했다. [그림-9]²⁰⁾는 wavetable synthesis를 대표하는 가상악기인 Serum의 이미지이며, [그림-10]은 Serum의 wavetable editor 이미지이다.



[그림-9] wavetable synthesis의 대표적 가상악기 Serum

20) <https://xferrecords.com/products/serum/>



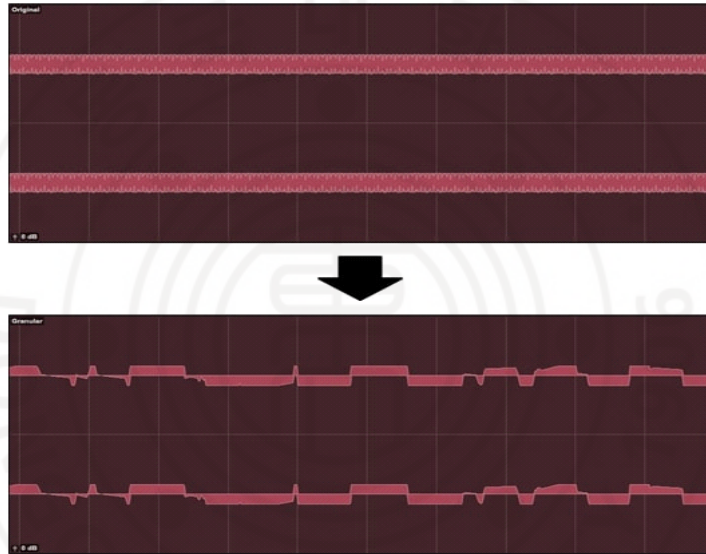
[그림-10] Serum의 wavetable editor 이미지

Serum의 wavetable editor는 1~256개의 프레임(frame)으로 구성되어 있다. [그림-10]과 같이 제공하는 파형들의 위치를 변경하거나 프레임 단위로 원하는 배음만을 선택하고 수정이 가능하다. Serum은 wavetable synthesis 외에도 additive, FM 및 subtractive synthesis²¹⁾의 형태를 구현하는 신디사이저이다.

21) 오디오 신호의 일부가 필터에 의해 감쇄되어 사운드의 음색을 변경하는 사운드 합성 방법

④ granular synthesis

granular synthesis는 샘플링 된 소리를 아주 작은 단위(grain)로 분해하고, 재조합하는 합성 방식이다. 해당 과정에서 소리 입자들을 각기 다른 재생 속도, 주파수, 음량 및 위상으로 변조할 수 있다. [그림-11]은 440Hz의 사인파형과 해당 파형을 100ms를 기준으로 나누고, random variation²²⁾을 적용하여 각 grain이 일정하지 않은 형태로 재조합한 것이다.

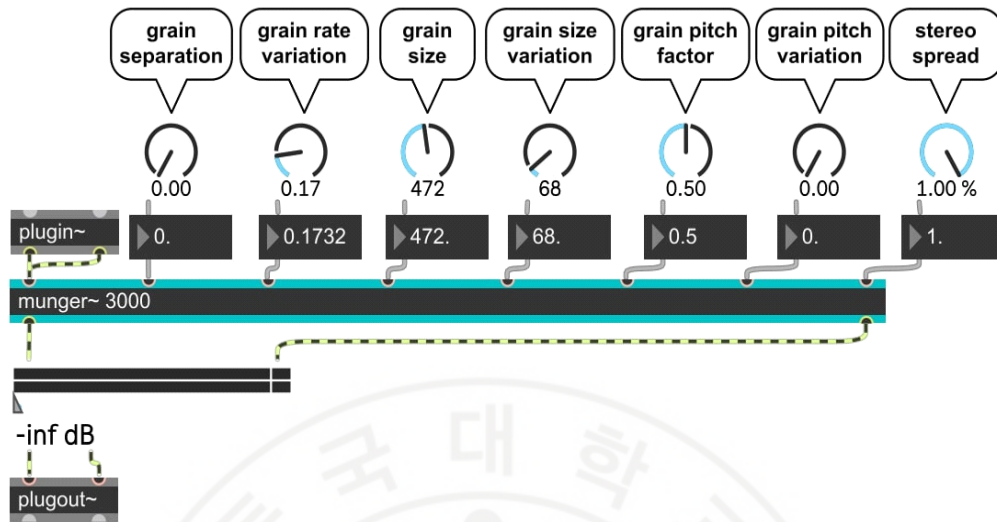


[그림-11] 440Hz 사인파형과 granular synthesis를 적용한 파형

[그림-12]는 Max for Live에서 munger²³⁾ 오브젝트를 사용하여 granular synthesis를 구현한 패치이다.

22) 일정하게 나누는 것이 아닌 무작위 값으로 나눠 불규칙적인 변화를 의도하는 기능.

23) granular synthesis를 구현해 주는 Max의 external 오브젝트이며, Max의 package manager에서 다운받아 사용이 가능하다. Columbia University에서 제작되었고, 본 작품에서 사용된 버전은 Dan Trueman과 R.Luke Dubois에 의해 수정된 버전이다.



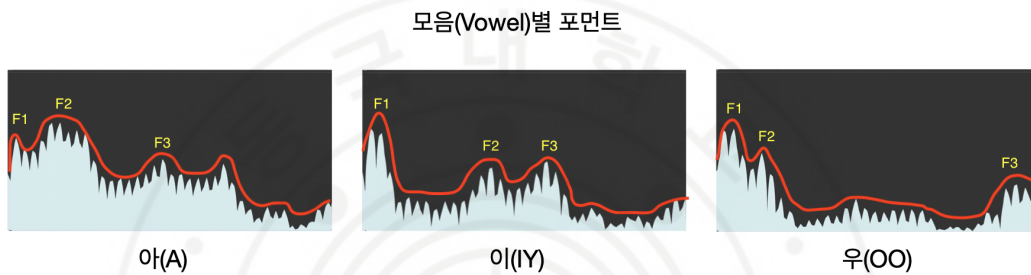
[그림-12] munger~를 사용한 granular synthesis 패치

munger~에는 총 7개의 파라미터(parameter)가 있으며, 해당 파라미터들을 조절하여 여러 효과를 얻을 수 있다. 주요 파라미터로는 입자 사이의 간격(grain separation), 입자의 크기 (grain size), 음정의 높낮이 (grain pitch) 세 가지가 존재한다. 또한 variation 값을 통해 일정하게 나누는 것이 아닌, 불규칙적인 변화를 의도할 수 있다. stereo spread는 0부터 1사이의 데이터를 입력받아 해당 음향효과가 적용된 스테레오 이미지를 조절할 수 있다. [그림-12]는 Ableton Live에서 실시간으로 제어하거나 automation²⁴⁾을 하기 위해 live.dial 오브젝트를 사용하였다. live.dial에 내장되어 있는 scale을 통해 0부터 127의 값을 필요한 만큼의 수치로 변환하였으며, 7개의 파라미터에 연결하여 Max for Live로 사용하였다.

24) DAW 내에서 볼륨(volume)이나 특정 값을 원하는 구간에 부분적으로 조절할 수 있게 해주는 기능이다.

⑤ formant synthesis

사람의 음성을 주파수 성분으로 분석하면 특정 주파수 대역에서 에너지가 높게 나타나는 것을 확인할 수 있는데, 이를 포먼트(formant)라고 한다. [그림-13]은 연구자가 모음(vowel) A(아), IY(이), OO(우) 발음을 녹음하여 Max의 spectroscope~오브젝트²⁵⁾로 분석한 것이다.



[그림-13] spectroscope~를 사용하여 0~5500Hz 범위로 분석한 포먼트

[그림-13]과 같이 모음에 따라 F1(제1포먼트), F2, F3의 위치가 다른 것을 볼 수 있다. 이런 포먼트를 의도적으로 변형하여 사운드를 제작할 수 있는 방식을 formant synthesis라고 한다. <표-2>²⁶⁾는 남성의 모음에 따른 평균적인 포먼트를 수치로 나타낸 표이다.

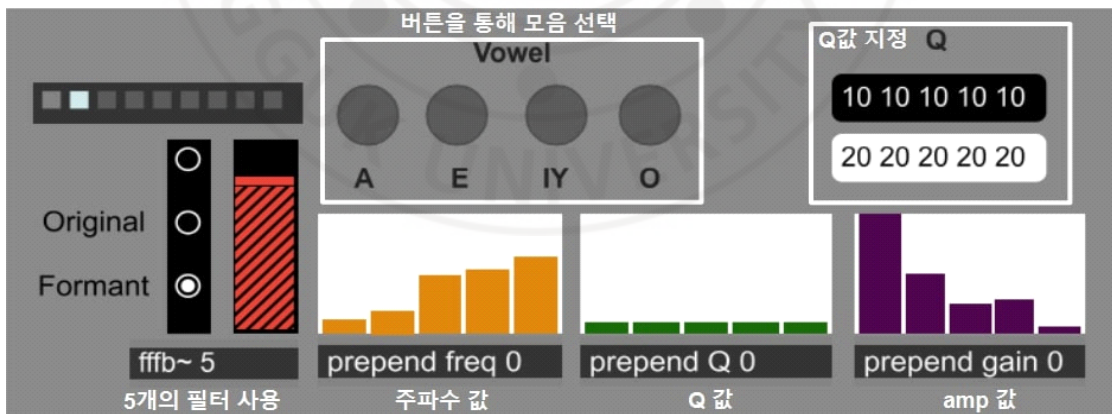
25) Max에서 신호 분석을 위한 시각적 spectrogram 또는 sonogram 인터페이스 역할을 하는 오브젝트이다.

26) Charles Dodge, Thomas A. Jerse 「Computer Music Synthesis, Composition, And Performance 1985」 p.205

<표-2> 남성의 모음에 따른 formant frequency와 amplitude

Vowel	First formant		Second formant		Third formant		Fourth formant		Fifth formant	
	Freq [Hz]	Amp [dB]	Freq [Hz]	Amp [dB]	Freq [Hz]	Amp [dB]	Freq [Hz]	Amp [dB]	Freq [Hz]	Amp [dB]
A	609	0	1000	-6	2450	-12	2700	-11	3240	-24
E	400	0	1700	-9	2300	-8	2900	-11	3400	-19
IY	238	0	1741	-20	2450	-16	2900	-20	4000	-32
O	325	0	700	-12	2550	-26	2850	-22	3100	-28
OO	360	0	750	-12	2400	-29	2675	-26	2950	-35

표를 참고해 Max의 fffb~오브젝트를²⁷⁾ 활용하여 formant synthesis를 제작할 수 있다. [그림-14]는 Max for Live에서 formant synthesis를 구현하여 제작한 패치이다. 5개의 필터를 사용하여 prepend freq를 통해 5개의 주파수를 지정하고, prepend gain을 통해 앰프 값을 지정해 줄 수 있다. Q²⁸⁾값은 지정해놓은 10과 20에서 선택이 가능하다. 패치에서는 A, E, IY, O 4개의 모음을 구현할 수 있는 formant synthesis로 제작했다.



[그림-14] fffb~에서 5개의 filter를 활용하여 A, E, IY, O를 구현

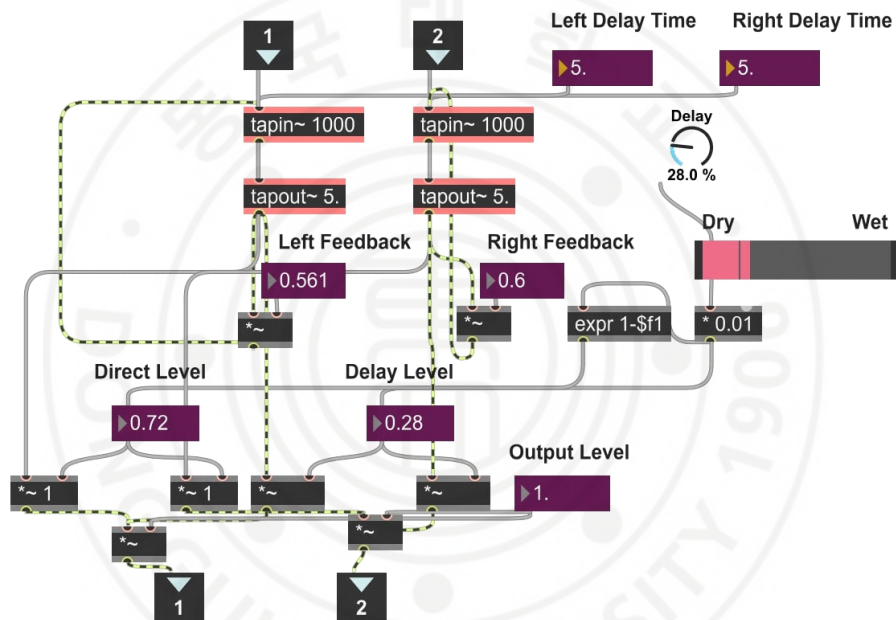
27) Fast Fixed Filter Bank의 약자. bandpass filter 오브젝트이다.

28) amplitude에서 3dB 아래에 위치한 값의 대역폭(bandwidth)의 크기와 주파수의 비를 의미한다. equalizer에서는 주파수 제어의 작동 범위로 정의한다.

2) 실시간 연주를 위한 사운드 디자인

① delay

delay 효과는 음향 신호를 지연시키는 효과를 말한다. 오리지널 사운드와 해당 신호를 지연시켜 함께 출력할 수 있는 효과다. [그림-15]는 Max에서의 delay 효과 패치이다.



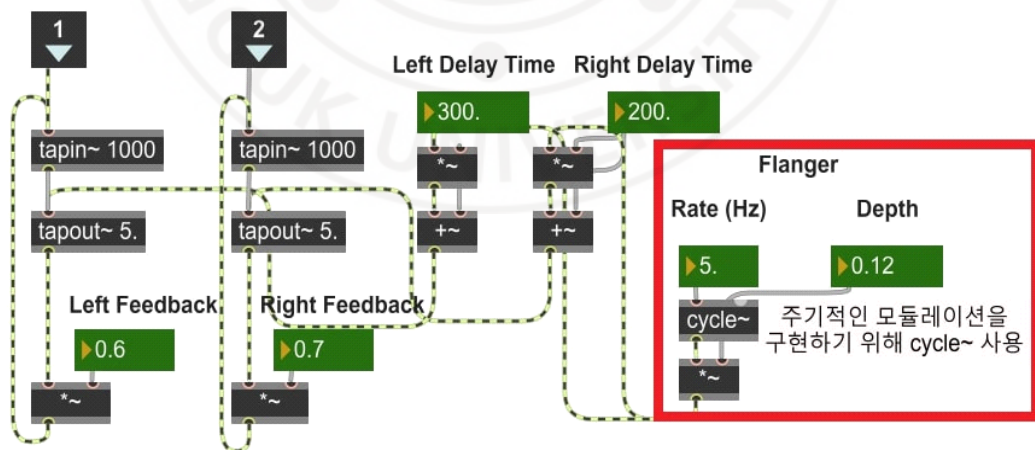
[그림-15] delay 패치

tapin~오브젝트는 입력된 오디오 신호를 저장하고 용량이 가득 차게 되면 저장되었던 기존의 신호를 보내며 새로운 신호를 받는다. tapout~은 tapin~에 저장된 오디오 신호를 입력한 시간만큼 지연시켜 내보낸다. 이 두 오브젝트를 활용하게 되면 지정한 시간만큼의 delay 효과를 만들 수 있다. 이후 두 오브젝트를 거친 신호에 일정 비율의 곱으로 소리의 음량을 낮추어 다시 입력하게 되면 feedback 효과를 얻을 수 있다. 또한 입력된 인수를

계산식으로 인식하여 연산해 주는 expr오브젝트를 통해 오리지널 사운드와 delay 사운드의 비율을 조절할 수 있으며, 이를 dry/wet이라 부른다. live.dial을 통해 dry/wet을 Ableton Live에서 제어했다.

② flanger

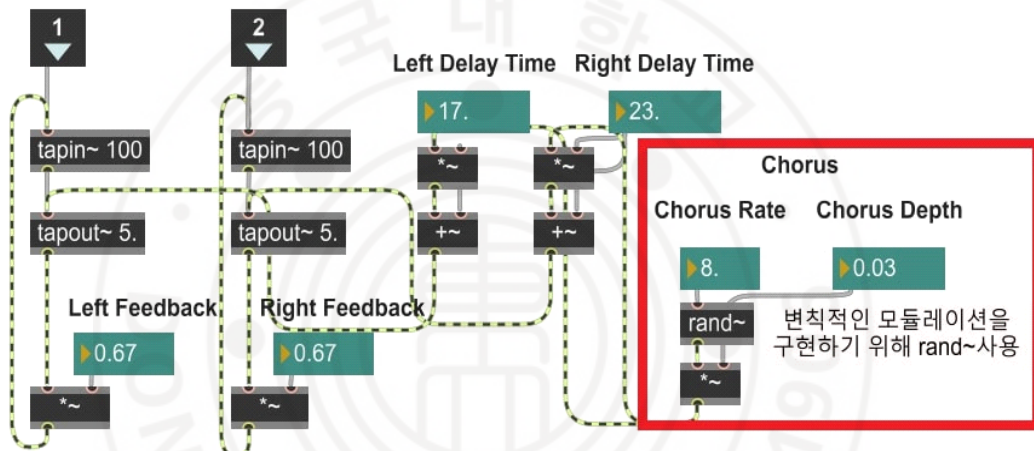
flanger는 delay 음향효과에서 파생된 효과로 두 개의 같은 사운드를 시간차를 두고 재생하여 음색을 변화시키는 효과이다. flanger는 doppler 효과를 예시로 들 수 있는데, doppler 효과는 어떠한 소리와 청취자 위치의 실시간 변화에 따라서 주파수와 파장이 바뀌게 들리는 것을 말한다. 사이렌 소리를 예로 들면 사이렌 소리가 청취자와 가까워질수록 음정이 높아지고 멀어질수록 음정이 낮게 들리는 현상이다. 이 현상을 통하여 주기적으로 시간차를 주게 되면 음정이 주기적으로 변한다는 것을 알 수 있다. [그림-16]은 cycle~을 이용한 LFO로 delay time이 실시간으로 변형되는 패치이다. 원래의 소리와 아주 짧게 지연된 소리가 합쳐져 음정이 주기적으로 변한다.



[그림-16] flanger 패치

③ chorus

chorus도 delay 음향효과에서 파생된 효과이다. chorus는 여러 사운드들이 동시에 재생 되었을때 pitch나 위상이 미세하게 다르게 나오는 효과이다. [그림-17]은 rand~오브젝트²⁹⁾로 생성한 noise를 delay time에 모듈레이션으로 적용하여 구현한 패치이다. flanger의 cycle~과는 다르게 noise를 사용하였기에 규칙적인 모듈레이션이 아닌 변칙적인 모듈레이션으로 chorus 구현이 가능하다.

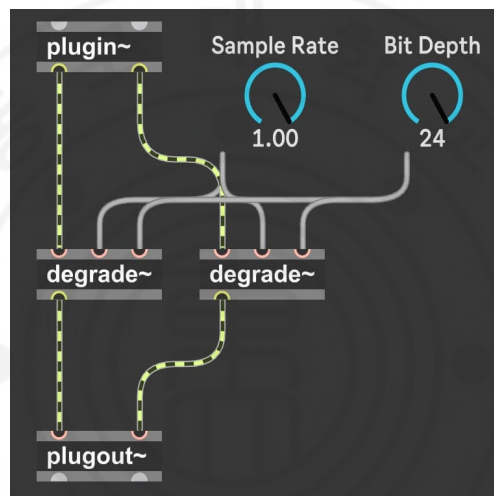


[그림-17] chorus 패치

29) Max에서 noise를 생성 시켜주는 오브젝트 중 하나로 주파수 적용이 가능하다.

④ bit crusher

bit crusher는 distortion³⁰⁾ 계열의 효과이며 sample rate(샘플 속도)와 bit depth(해상도)를 조절하여 소리를 일그러트리거나 왜곡된 사운드를 구현할 수 있다. sample rate와 bit depth를 제어할 수 있는 degrade~ 오브젝트를 사용하여 Max에서 구현이 가능하다. [그림-18]은 Max for Live에서 구현한 패치이다.

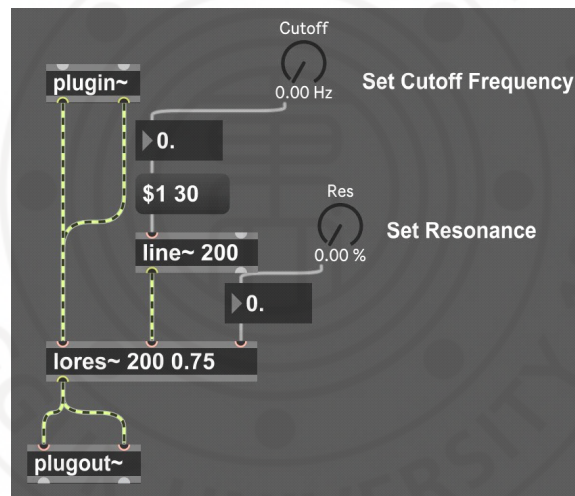


[그림-18] bit crusher 패치

30) 신호를 증폭하여 왜곡되는 사운드를 만드는 효과.

⑤ filter

filter는 주파수 대역에서 필요한 부분만을 통과시키거나 필요한 음역대를 상쇄하는 역할을 하는 효과이다. 고음역대에 필터를 적용하여 고역 주파수를 상쇄했을 때 보통 low pass filter, 반대로 저음역대에 필터를 적용하여 저역 주파수를 상쇄한다면 high pass filter라고 불린다. filter에 존재하는 cutoff frequency를 이용하여 어느 주파수를 기준으로 여과시킬지 정할 수 있고, resonance를 통해 cutoff의 특정 주파수를 기준으로 강조하거나 줄일 수 있다. [그림-19]와 같이 <The Dream Show>에서는 Max for Live lores~오브젝트를 사용하여 low pass filter를 구현하였다.



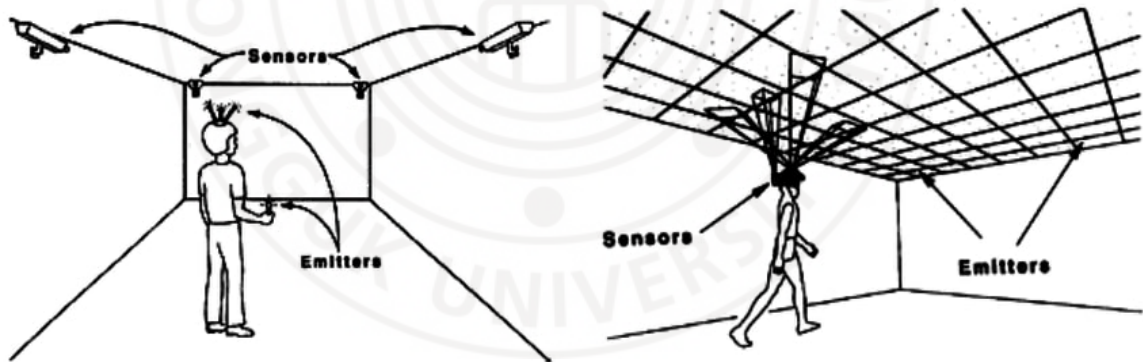
[그림-19] low pass filter 패치

2. 모션 트래킹 기술 연구

패션쇼 형태인 본 연구에서는 모델의 워킹으로 인해 간단한 프로젝션 맵핑으로는 동적인 물체에 맵핑을 적용하기가 용이하지 않았다. 따라서 모션 트래킹 기술을 활용하여 모델의 위치 정보를 실시간으로 전달받아 프로젝션 맵핑에 적용했다.

1) 모션 트래킹 센서의 선택

모션 트래킹 센서는 대부분 인터랙션이 요구되는 게임 분야에서 사용이 되고 있다. 현재 가장 많이 사용되는 센서의 종류는 Outside-in, Inside-Out 및 Computer Vision(CV) 3가지 시스템으로 분류된다. [그림-20]³¹⁾은 Outside-in과 Inside-Out 방식을 보여주는 그림이다.



[그림-20] (좌) Outside-in, (우) Inside-Out

31) Tomasz Mazuryk and Michael Gervautz, 「Virtual Reality History, Applications, Technology and Future」 p.24

Inside-out 트래킹은 어떠한 외부 도움 없이 사용자가 센서를 장착하여 공간상에서 사용자의 3차원 위치를 측정하는 기술이다. 대표적인 센서로는 VR³²⁾ 장치인 Oculus Quest 2³³⁾와 Wii 리모컨³⁴⁾이 있다. 미리 주변 환경에 설치할 필요 없이 실시간으로 측정되는 센서 값을 사용하여 위치 추정이 가능하므로 어떤 환경에서도 제한 없이 위치 측정이 가능하다는 장점이 있다. 하지만 사용자가 착용을 해야한다는 단점이 있고 사용되는 알고리즘의 세팅 값과 같은 다양한 요소들로 인해 정확도 및 정밀도가 크게 좌우된다는 단점이 있다.³⁵⁾

Outside-in 트래킹은 미리 설치된 외부의 인프라(infra)를 기반으로 사용자의 현재 3차원 위치를 측정하는 기술이다. 대표적인 센서로는 Azure Kinect DK³⁶⁾가 있다. 설치된 장비가 지원하는 활동 범위 내에서는 매우 안정적이게 위치를 측정할 수 있다는 장점이 있지만 제한된 공간에서만 위치 측정 시스템의 운용이 가능하다는 단점이 있다.³⁷⁾

Computer Vision(CV)은 인공지능(AI)의 한 분야로, 시스템을 통해 이미지, 영상, 등 시각적 입력(Color)에서 정보를 추출한 다음 이러한 정보를 바탕으로 작업을 실행하는 방식이다. 카메라를 통해 사용할 수 있으며, Inside-out, Outside-in 두 가지 방식 모두 해당되지만 딥 러닝³⁸⁾을 통한 학습 정도에 따라 정확도 및 정밀도가 달라진다.

본 연구에서는 모델의 player index³⁹⁾를 활용하여 의상에 프로젝션 맵핑을 진행했다. Inside-Out 트래킹의 경우 모델이 센서를 착용하거나 지니고 있어야 하는 불편함이 있어 제외하였고, CV의 경우에는 player

32) Virtual Reality의 약자. 인공적으로 만들어진, 실제와 흡사한 가상의 환경, 상황 혹은 기술 자체를 뜻한다.

33) META에서 개발한 VR 헤드셋 기기

34) 닌텐도에서 개발한 Wii의 콘솔의 컨트롤러

35) 문성태, 이현범, 김표진 「2020 Convergence Reserch Review April vol.6 no.4」 p.42

36) Microsoft에서 개발한 모션 트래킹 카메라

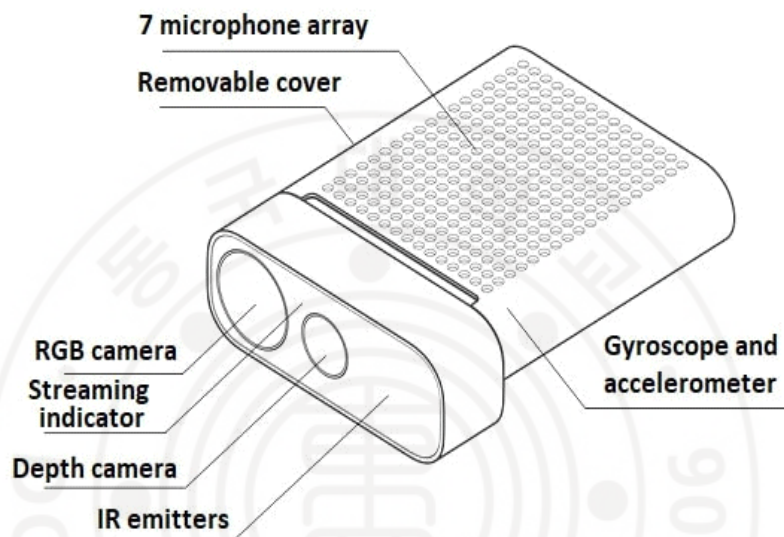
37) 문성태, 이현범, 김표진 「2020 Convergence Reserch Review April vol.6 no.4」 p.39

38) 딥 러닝은 머신 러닝의 특정한 한 분야로서 인공 신경망의 층을 연속적으로 깊게 쌓아 올려 데이터를 학습하는 방식을 말한다.

39) 검출된 사용자만을 나타내주는 영상.

index를 지원하지 않기 때문에 Outside-in 트래킹 방식인 Azure Kinect DK를 사용했다.

Azure Kinect DK의 전면에는 RGB camera, Depth camera 및 IR emitters⁴⁰⁾로 구성 되어있다.[그림-21]⁴¹⁾



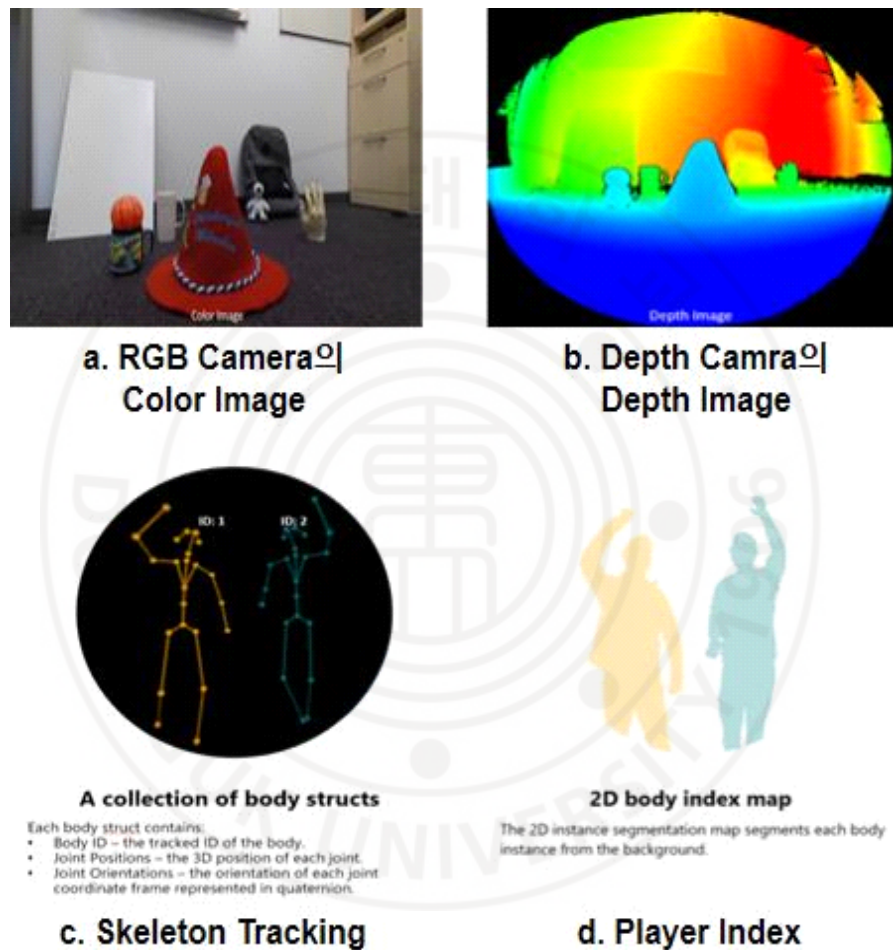
[그림-21] Azure Kinect DK의 구성도

[그림-21]의 전면 왼쪽에 위치한 RGB camera는 일반 카메라와 촬영되는 것과 같은 영상(color)을 제공한다. 전면 중앙의 Depth camera는 IR emitters로 적외선을 방사하여 0.25 ~ 5.46m 내에서 반사된 값을 받아 인식이 가능하다. 따라서 Azure Kinect DK는 촬영한 영상의 깊이 정보를 제공하는 영상(depth)와 depth를 사용하여 검출된 사용자의 정보를 통해 제공하는 player index 및 사용자의 관절을 통해 위치 정보를 제공하는 skeleton tracking을 제공한다.

40) 적외선을 방사하는 장치

41) <https://learn.microsoft.com/ko-kr/azure/kinect-dk/hardware-specification>

Azure Kinect DK는 Windows 10 기반의 환경에서 사용이 가능하다. 본 연구에서는 TouchDesigner⁴²⁾를 사용하여 모델의 위치 정보를 추출했다. [그림-22]의 a는 color image, b는 depth image⁴³⁾이며, c는 skeleton tracking, d는 player index의 그림이다.⁴⁴⁾



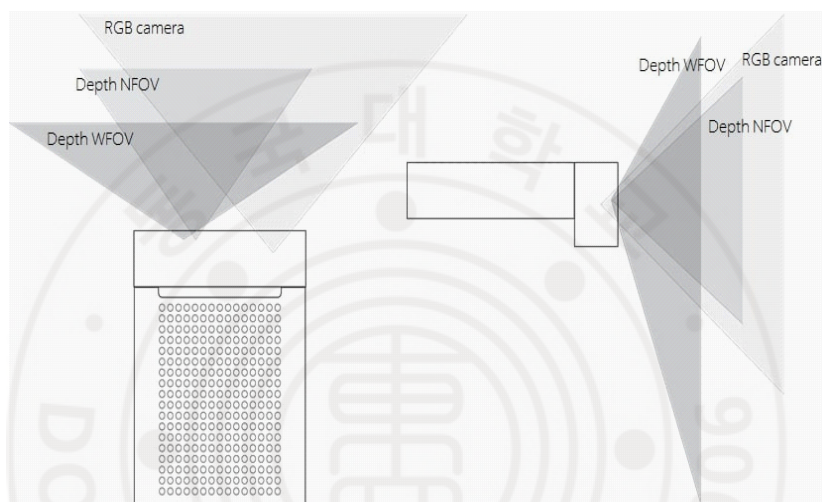
[그림-22] Azure Kinect DK의 color image, depth image, skeleton tracking, player index

42) Derivative사에서 개발한 실시간 대화형 멀티미디어 콘텐츠를 위한 노드 기반 시각 프로그래밍 언어

43) <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/kinect-dk/use-image-transformation>

44) <https://learn.microsoft.com/ko-kr/azure/kinect-dk/access-data-body-frame>

Azure Kinect DK의 Depth Camera에는 좌우는 좁지만 앞뒤가 깊은 추적이 가능한 NFOV(Narrow Field Of View)모드와 좌우가 넓지만 앞뒤는 얇은 추적이 가능한 WFOV(Wide Field Of View)모드가 존재한다. 본 연구에서는 모델의 좌우 움직임이 적어 NFOV모드를 사용하였다. [그림-23]⁴⁵⁾은 RGB Camera와 Depth Camera 센서 범위의 각도를 보여주는 그림이다.

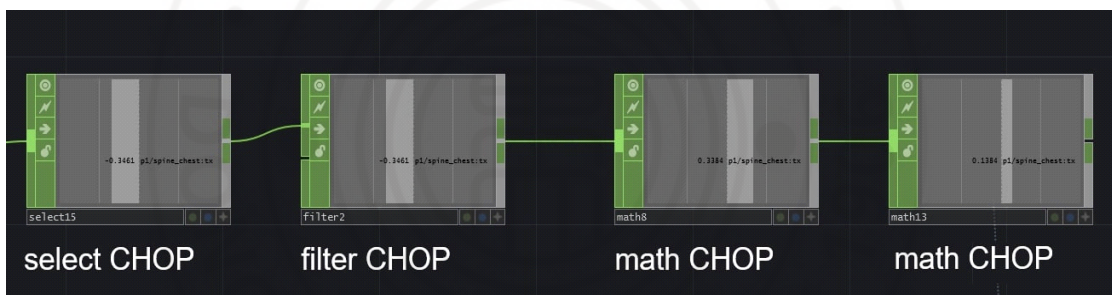


[그림-23] 4:3모드의 RGB 카메라의 센서 범위와 Depth 카메라의 NFOV, WFOV 두 가지 모드의 센서 범위

45) <https://learn.microsoft.com/ko-kr/azure/kinect-dk/hardware-specification>

2) Azure Kinect DK를 이용한 모델의 움직임 분석

Derivative 사의 TouchDesigner를 활용하여 Azure Kinect DK를 통해 입력받은 모델의 동작 데이터 중에서 chest(가슴) 위치 값을 사용했다. kinect azure CHOP (Channel Operator)⁴⁶⁾을 사용하여 skeleton tracking으로 들어오는 위치 정보 값을 전달받아 몸의 중앙인 chest의 x 및 y 값을 비주얼에 적용할 수 있다. [그림-24]에서는 왼쪽부터 select CHOP⁴⁷⁾ 오브젝트를 통해 모델의 chest 값만을 추출하고, filter CHOP⁴⁸⁾ 오브젝트를 사용하여 모델의 움직임에 따라 값을 매끄럽게 변환했다. 그 후 math CHOP⁴⁹⁾ 오브젝트로 모델의 움직임 범위를 조정하고, 마지막 두 번째 math CHOP으로 모델 위치의 고정값을 지정하여 프로젝션 맵핑을 위한 영상의 위치를 설정했다.



[그림-24] TouchDesigner에서 chest 값을 추출하는 패치

46) Azure Kinect DK로부터 정보를 받을 수 있는 오퍼레이터. skeleton tracking을 사용한 위치 정보를 받을 수 있다.

47) 여러 값들의 정보 중 선택한 값만 지정할 수 있는 오퍼레이터.

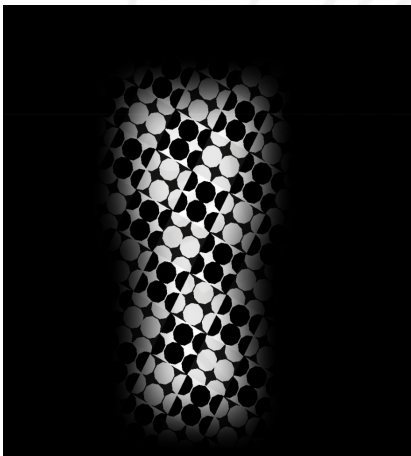
48) 입력받은 값에 원하는 transition(smooths, sharpens)을 줄 수 있는 오퍼레이터.

49) 수학 계산을 해주는 오퍼레이터. 더하기(add), 곱하기(multiply)와 같은 연산과 범위(range) 조절이 가능하다.

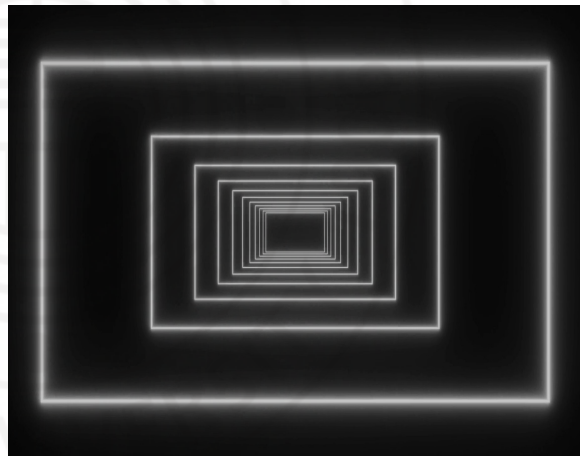
3. 영상 시스템 연구

1) 영상 시스템

음악과 영상이 서로 연동되는 인터랙티브 멀티미디어 작품을 만들기 위해서 음악의 구성 정보나 특정 정보의 수치들을 영상으로 전달하였고, 이를 통해 수치에 반응하는 영상을 제작했다. 본 연구에서는 kick 드럼의 미디 (MIDI)⁵⁰⁾ 신호와 다양한 사운드 효과들의 적용 값을 영상 변화의 적용 값에 연동했다. 영상은 의류에 적용한 영상과 무대 배경에 적용한 영상으로 나뉘어서 사용했다. [그림-25]는 의류에 적용한 영상, [그림-26]은 무대 배경에 적용한 영상이다.



[그림-25] 의류 패턴

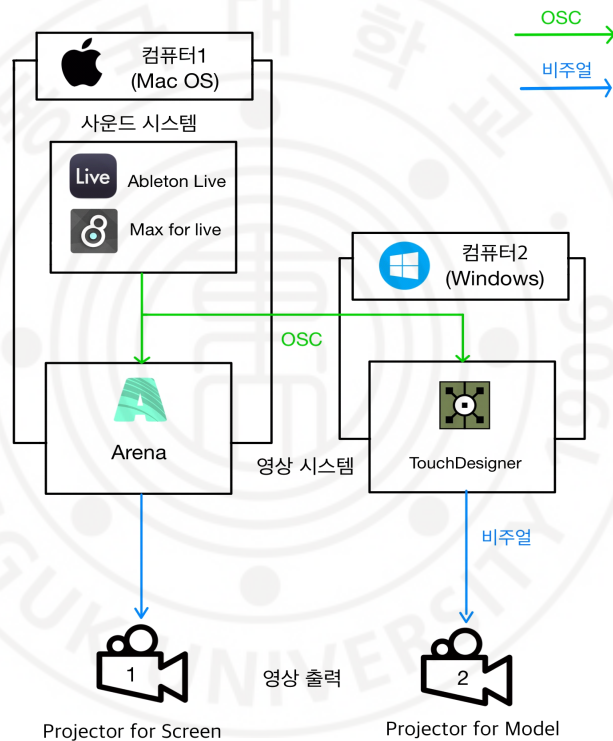


[그림-26] 쇼 무대 배경

의류 패턴의 경우 움직임 없이 단순 재생만 되는 경우, 영상의 단조로움을 야기할 수 있으므로 의류에 적용되는 패턴은 오퍼레이터의 실시간 컨트롤에 의해 변화한다. 또한 음악의 흐름에 따라 각 다른 5개의 패턴으로 변화할 수

50) Musical Instrument Digital Interface의 약자로 신디사이저, 드럼 머신, 시퀀서, 컴퓨터 등의 연주 정보를 상호 전달하기 위해 정해진 데이터 전송 규격을 의미한다.

있도록 제작했다. 무대 배경 또한 음악에 따라 5개의 영상으로 변화한다. 의류에 적용되는 패턴 영상은 TouchDesigner를 통해 제작하였고, 무대 배경 영상은 After Effect⁵¹⁾를 사용하여 제작했다. 실시간 프로젝션 맵핑은 TouchDesigner와 Arena⁵²⁾를 사용했다. [그림-27]은 영상 시스템 설계도이다. Ableton Live와 Max for Live를 통해 사운드가 출력되면, OSC⁵³⁾를 통해 데이터를 각각 TouchDesigner와 Arena로 전송한다.



[그림-27] 영상 시스템

51) Adobe사에서 개발한 디지털 모션 그래픽 및 합성 소프트웨어이다. 영화의 비선형 영상 편집이나 광고 제작, TV, 게임, 애니메이션, 웹 등의 콘텐츠 제작에 쓰인다.

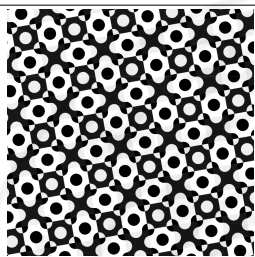
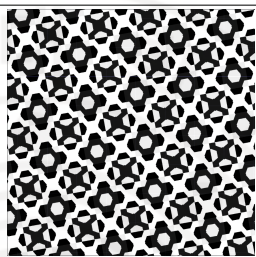
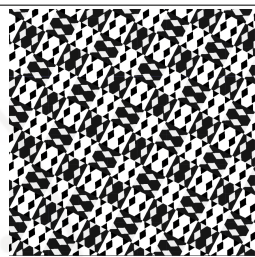
52) Resolume사에서 만든 프로그램. 라이브로 영상을 재생하며 효과를 줄 수 있는 VJ용 프로그램이다. 프로젝션 맵핑에도 많이 사용된다.

53) Open Sound Control의 약자. 사운드 관련 퍼포먼스 및 연주 정보 데이터 전송을 위해 개발되었고, 네트워크를 이용한 통신 규약으로 UDP를 사용한다.

2) TouchDesigner로 제작한 의류 패턴의 종류

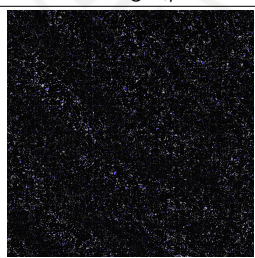
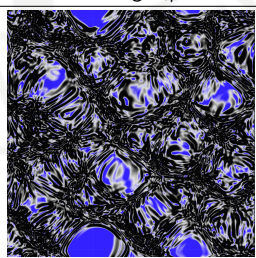
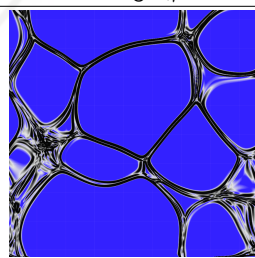
<표-3>은 기본 원형(circle)을 대칭시켜 만든 영상을 미디 컨트롤러⁵⁴⁾의 노브(knob)⁵⁵⁾를 조절하여 원형에 면들을 추가하고, 사각형 형태로 변형이 가능하다.

<표-3> 패턴 1번 (Circle)

형태 변화	노브 0%	노브 50%	노브 100%
비주얼			

<표-4>는 시간의 형태에 따라 1 형태에서 3 형태로 파란 paint 면이 넓어지는 패턴이지만 kick 드럼의 미디 신호에 따라 다시 1 형태로 돌아가며 패턴이 재생성된다.

<표-4> 패턴 2번 (Paint)

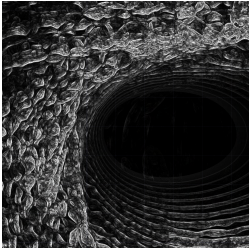
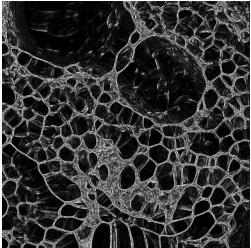
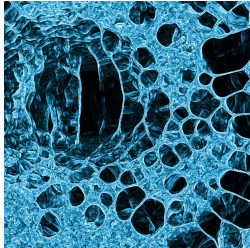
형태 변화	1 형태	2 형태	3 형태
비주얼			

54) MIDI 신호를 생성하는 기기이다. 보통은 건반형 형태이며, 건반형 말고도 패드, 콘솔형 등 매우 다양한 형태가 존재한다.

55) 미디 컨트롤러에 존재하는 값을 조절할 수 있는 컨트롤 중 하나.

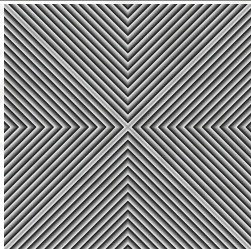
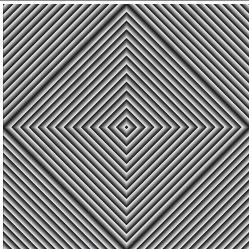
<표-5>는 조절하는 속도에 따라 검은 화면에서 1 형태로 그 뒤에 2 형태로 변형된다. 속도감을 느낄 수 있는 영상으로 z 축의 변화를 주는 패턴이며, 노브를 조절하여 3 형태와 같이 색상 변경이 가능하다.

<표-5> 패턴 3번 (Water)

형태 변화	1 형태	2 형태	3 형태 (Color)
비주얼			

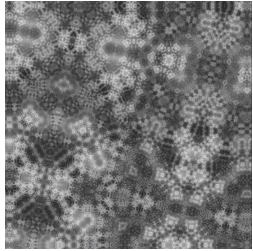
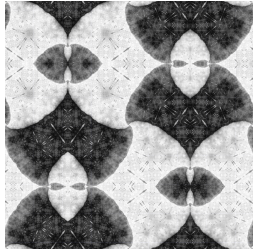
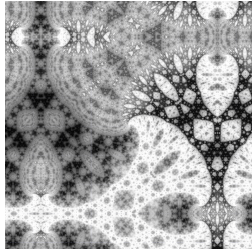
<표-6>은 선(line)을 이용하여 만든 패턴이다. x축과 y축의 반전(flip) 효과를 미디 컨트롤러의 버튼에 맵핑하고, 버튼을 제어하여 형태에 변화를 줄 수 있다.

<표-6> 패턴 4번 (Stripe)

형태 변화	1 형태	2 형태
비주얼		

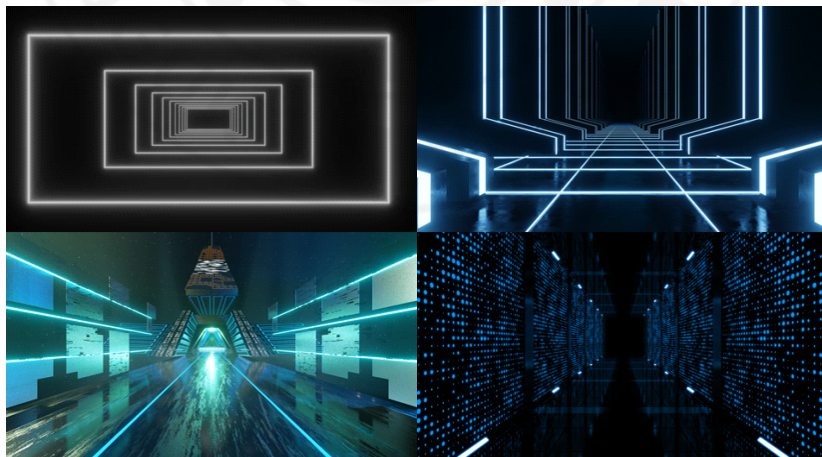
<표-7>은 음악의 흐름에 따라 패턴의 scale이 변경되고, 컨트롤러에 맵핑되어있는 노브를 조절하여 회전 (rotate), x축 회전 그리고 색상 변경이 가능하다.

<표-7> 패턴 5번 (Antique)

형태 변화	Scale	Rotate	Trans x
비주얼			

3) Arena와 After Effect를 통한 무대 배경 비주얼

[그림-28]은 Tunnel Loop⁵⁶⁾ 형태의 영상으로 본 연구에 사용된 몇 가지 영상이다. Tunnel Loop 영상은 속도감을 표현할 수 있기에 모델이 제자리에서 걸음을 걸어도 실제 움직이는 듯한 착시 효과를 의도했다. 제작에 사용된 After Effect는 실시간 OSC 데이터를 통해 영상 제어가 불가능하여 사전에 렌더링한 영상을 작품에 구간별로 배치하였다. 영상의 속도는 Arena와 Ableton Live의 템포(tempo)를 연동 시켜주는 link 기능을 사용하여 속도를 조절했다.



[그림-28] Tunnel Loop

56) 무한으로 터널을 지나는 것과 같은 느낌을 주는 영상.

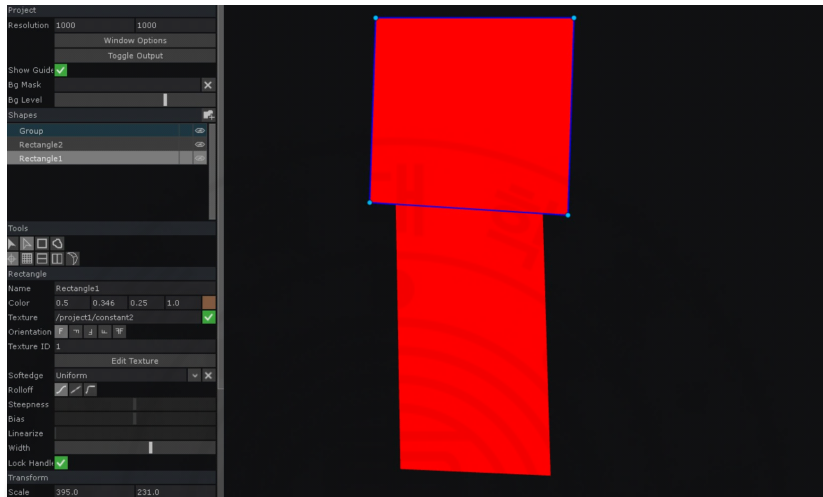
Arena로 다양한 영상효과를 사용하였으며, 음향효과와 영상효과의 값을 각 파라미터에 적용하여 미디 컨트롤러 노브에 맵핑하고, 이를 조절하여 영상에 각 효과를 적용했다.

<표-8> Arena의 영상효과

영상효과	효과 설명
Distortion	의도적인 그래픽 깨짐과 왜곡을 연출하는 효과
Acuarela	영상을 흐리거나 번지게 하는 효과
Goo	영상을 울렁이게 하는 효과
Flip	x축이나 y축을 기준으로 잡아 영상을 반전시키는 효과
Strobe	섬광을 일으키는 효과
Fragment	영상의 잔상을 만들어 움직임에 주는 효과
Shift Glitch	의도적인 그래픽 깨짐과 왜곡을 연출하는 효과
Shift RGB	RGB 값을 원하는 위치에 추가하여 움직임을 만드는 효과

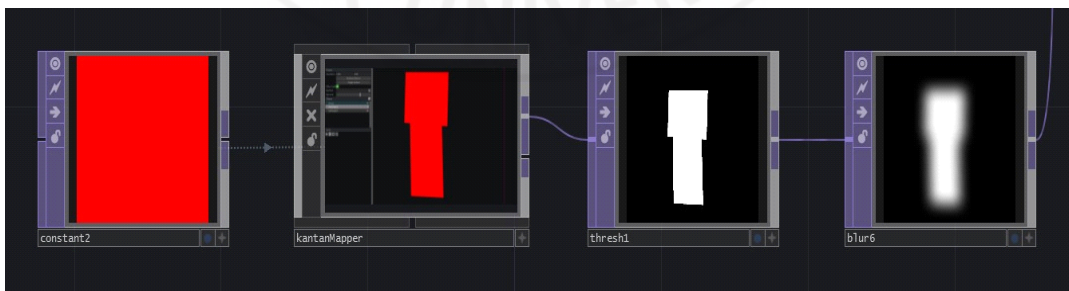
4) 프로젝션 맵핑을 위한 비주얼

제작된 패턴은 모델의 전신이 아닌, 의류에만 적용하기 위해 [그림-29]와 같이 TouchDesigner의 kantanMapper라는 프로젝션 맵핑 오브젝트를 사용했다.



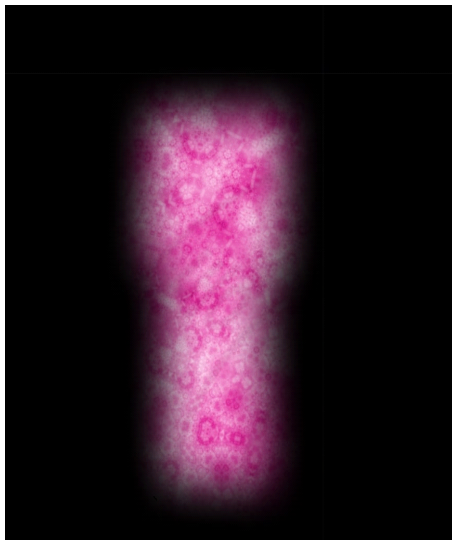
[그림-29] kantanMapper

이를 통해 만들어진 패턴을 자연스럽게 프로젝션 맵핑하기 위해 모서리 (edge) 부분들을 [그림-30]처럼 blur 처리하여 각이 진 상태에서 번진 형태로 변형했다.

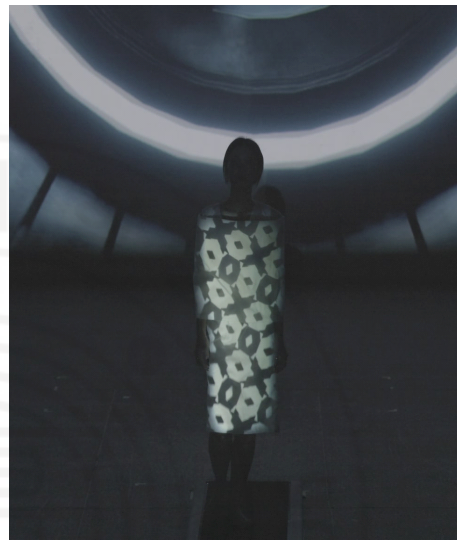


[그림-30] TouchDesigner에서 kantanMapper를 사용하여 프로젝션 맵핑에 용이한 형태로 만들어 주는 과정

프로젝션 맵핑에 용이한 형태로 만들어진 오브젝트에 기존에 만든 패턴들을 적용했고 Azure Kinect DK를 사용하여 실시간으로 움직이는 모델의 위치 값 x 를 반영하여 만들어진 의류 형태의 패턴에 위치값을 적용했다.[그림-31], [그림-32]



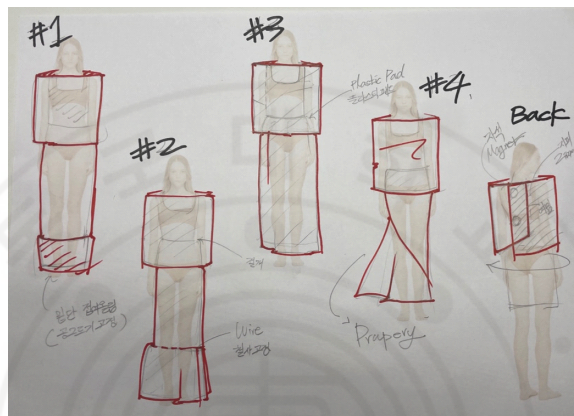
[그림-31] 최종 적용된 의류
패턴의 형태



[그림-32] 패턴을 실시간으로
움직이는 모델에 맵핑한 모습

5) 프로젝션 맵핑을 위한 의상의 형태와 재질 선택

효율적인 프로젝션 맵핑을 위해 공연에서 사용할 의상은 넓은 표면의 디자인과 패턴의 가시성을 확보하기 위해 [그림-33]의 #3번 형태와 같이 제작하였다.



[그림-33] 여러 형태의 드레스 스케치

빔 프로젝터의 투영성 확보를 위해 흰 색상을 사용했으며, 빛이 많이 투과되지 않고 반사가 심하지 않은 재질을 선택했다. 초기 연구 단계에서 가죽과 실크 재질을 사용했지만, 적외선 감지 한계와 빛의 투과성이 강하기 때문에 본 논문에서 요구하는 모션 트래킹에는 부적합했다. 따라서 광택이 없는 레이온(rayon) 재질이 모션 트래킹과 프로젝션 맵핑에 적합하여 해당 재질을 선택했다. 그러나 레이온 특성상 고정력이 강하지 않아 사각형의 형태를 유지하기 위해서 의류의 상반신에는 종이 심지를 사용하여 보강 처리했다.

3. 공연 및 연동 시스템 연구

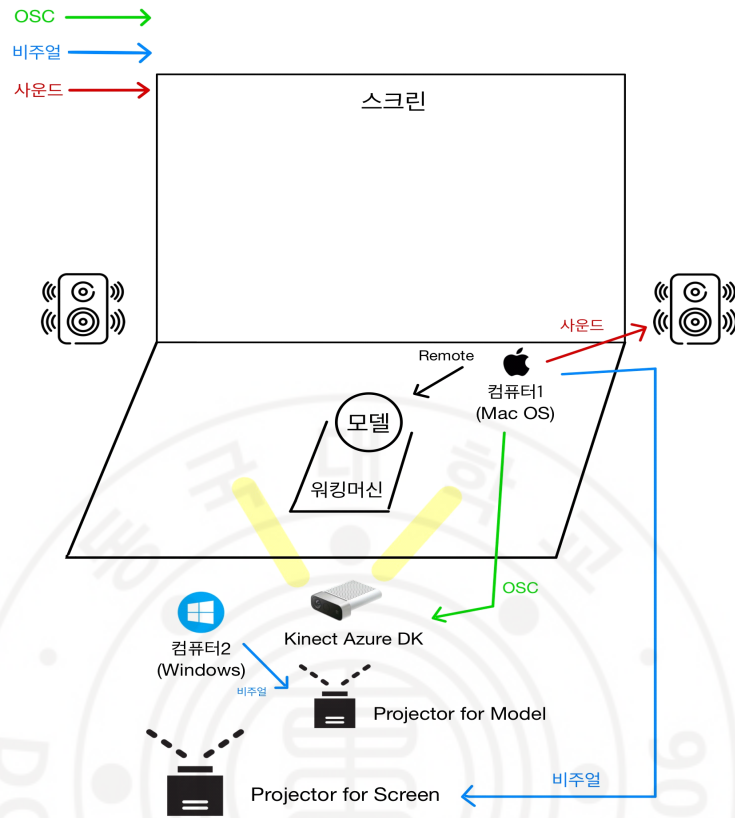
1) 공연 시스템



[그림-34] 무대 사진

[그림-34]는 <The Dream Show> 공연 당시의 무대 사진이다. 무대 배경을 재생하기 위한 큰 스크린에는 공연장의 메인 빔 프로젝터를 사용하여 맵핑하였다. 모델이 착용하고 있는 의상에는 무대 영상이 재생되는 환경에서도 맵핑할 의상 패턴이 뚜렷하게 보여지기 위해 안시 루멘(ANSI lumen)⁵⁷⁾이 높은 빔 프로젝터를 별도로 사용하였다.

57) 프로젝터 투사의 밝기를 나타내기 위해 미국표준협회(ANSI : American National Standard Institute) 표준에서 제시한 휘도 측정 단위.

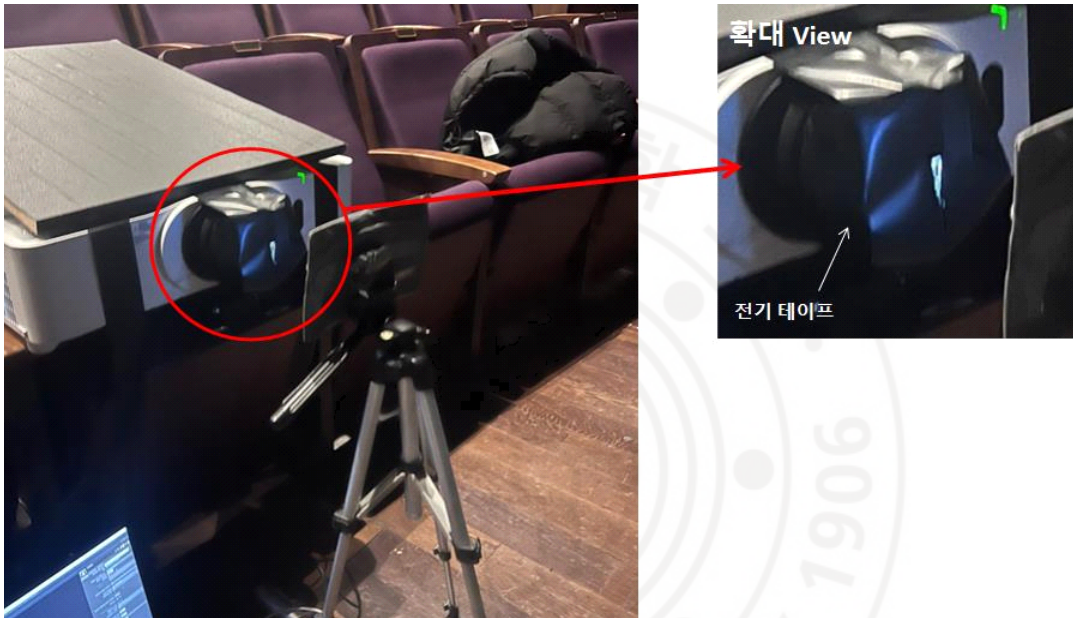


[그림-35] 무대 구성

[그림-35]는 작품의 무대 구성이며 두 대의 컴퓨터와 프로젝터를 사용하였다. 무대 안에 설치된 컴퓨터1은 오퍼레이터 역할을 하며 Ableton Live와 Max for Live 그리고 Arena를 실행하였고, 무대 밖에 설치된 컴퓨터2는 TouchDesigner와 Azure Kinect DK를 실행하였다. OSC를 통해 Ableton Live에서 Arena와 TouchDesigner로 정보를 보낸다. 모델과 스크린 두 곳으로 프로젝션 맵핑을 해야 했기 때문에 두 개의 빔 프로젝터를 사용했다. 모델은 제자리에서 워킹을 해야함으로 워킹머신⁵⁸⁾을 사용하여 제자리 걸음을 하였고, 곡의 속도에 따라 컴퓨터1 위치에서 리모컨으로 워킹머신의 속도 조절을 했다.

58) 런닝머신과 비슷하지만 워킹을 중점으로 만들어진 조금 더 느린 속도의 기계.

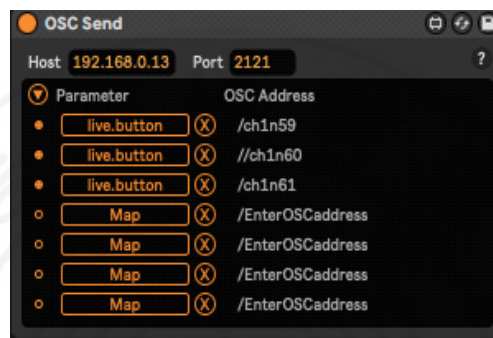
모델에 적용하는 빔 프로젝터의 경우 안시 루멘이 높은 빔 프로젝터를 사용했다. 밝기가 높은 프로젝터의 특성상 프로젝션 맵핑을 적용하고자 하는 면적 외에도 빔 프로젝터에서의 빛은 투사된다. 이를 가리기 위해 [그림-36]의 동그라미 친 부분과 같이 전기 테이프를 사용하여 양 옆면의 빛을 차단함으로써 원하는 면적에만 빛을 투영시킬 수 있다.



[그림-36] 프로젝션 맵핑하는 면적 외의 빛 차단.

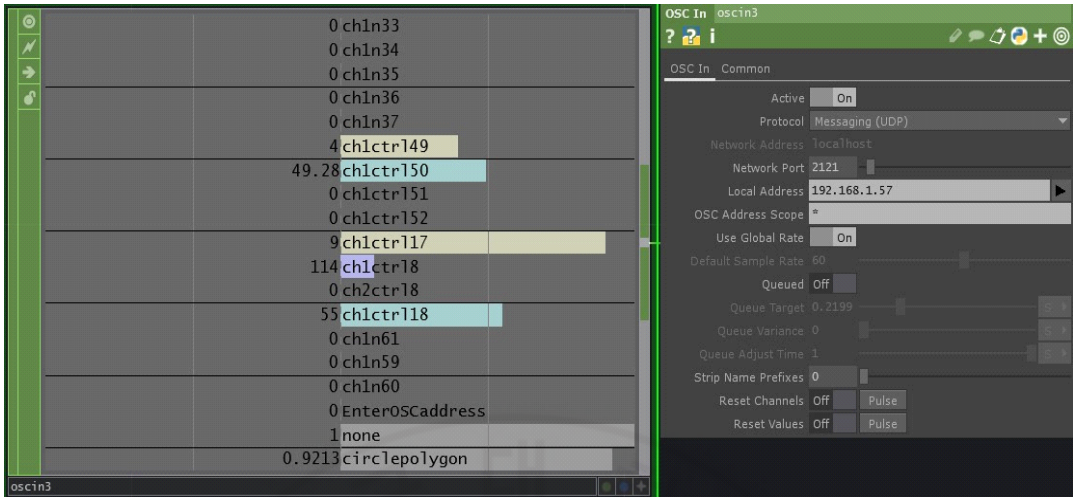
3) OSC 통신을 통한 음악과 영상의 연동 시스템

TouchDesigner와 Ableton Live, Arena와 Ableton Live를 실시간으로 연동하여 영상에 변화를 줄 때, Ableton Live에서 보내주는 특정한 정보가 있어야 한다. Ableton Live에는 기본 제공되는 Max for Live 패치들 중 OSC 통신을 간단하게 사용할 수 있는 OSC Send 패치가 있다.



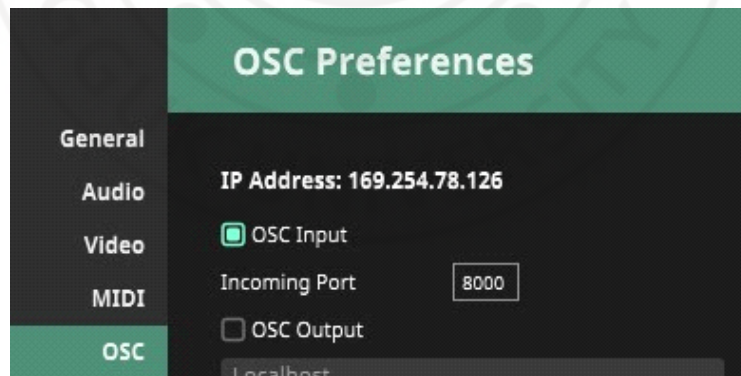
[그림-37] OSC Send 패치

Windows 컴퓨터에서 실행하는 TouchDesigner로 OSC를 보낸다고 했을 때 [그림-37] 상단에 존재하는 Host에 통신을 받을 컴퓨터의 IP주소를 입력하고, Port를 지정한다. 이를 통해 TouchDesigner로 데이터를 보낼 수 있다. Parameter의 Map 버튼을 클릭하여 원하는 데이터값을 맵핑 시켜 통신할 데이터를 선택할 수 있다. OSC를 다른 컴퓨터로 보내지 않고 한 컴퓨터에서 두 가지 프로그램을 연동하려면 Host에서 로컬 호스트 주소인 127.0.0.1 주소를 입력하여 쉽게 통신이 가능하다. 이렇게 보낸 통신을 TouchDesigner에서는 OSC In 이라는 오브젝트를 사용하여 Port와 컴퓨터의 IP주소를 지정하는 것으로 OSC 데이터를 바로 받을 수 있다. [그림-38]의 좌측과 같이 OSC를 통해 받아들이는 데이터 값과 이름이 표시된다.



[그림-38] TouchDesigner OSC In

Arena의 경우 [그림-39]와 같이 설정에서 OSC Input을 켜주고 Port number를 지정할 수 있다. 그 후 Shortcut의 Edit OSC를 통해 OSC 데이터를 받을 항목을 클릭하면 OSC Input으로 OSC input address가 표시된다. 통신을 보내는 [그림-37]의 우측에 있는 OSC Address에 OSC input address를 입력하면 OSC 데이터가 지정한 항목으로 보내진다.



[그림-39] Arena OSC 설정

III. 연구 기술의 작품 적용

연구된 사운드 디자인과 모델과의 인터랙션 시스템으로 제작된 멀티미디어 작품 <The Dream Show>는 2023년 11월 11일 동국대학교 이해랑예술극장에서 진행된 한국 멀티미디어 음악학회(SIMM)의 공연 ‘SEEING SOUND LISTENING IMAGE(보는 소리, 듣는 영상) 2023’에서 초연되었다.

1. 작품 소개

인간은 꿈을 꾸다. 무의식 중 펼쳐지는 꿈속에서의 세계. 어떤 이에게는 꿈이 그저 무의식 중 하나로 여겨지며 잊혀지고, 또 어떤 이는 꿈에 의미를 부여하여 현실로 가져오기도 한다. 작품 <The Dream Show>는 패션에 관심이 많았던 본 연구자가 꿈속에서 이루어진 패션쇼를 현실로 끌어들이 작품을 보는 이에게 꿈과 현실의 조화를 보여주고자 한다. 다수의 모델들이 런웨이를 걷는 기존의 패션쇼와는 달리 한 명의 모델이 제자리에서 걸으며 시작한다. 음악과 배경 그리고 의상이 조화를 이루어 하나의 쇼를 만들어 내며, 곡의 흐름과 사운드에 따라 의상이 변하고 꿈속과 같은 분위기의 무대 배경을 표현하고자 했다. <The Dream Show>는 Techno⁵⁹⁾ 장르의 형식을 빌린 음악으로 제작했다. Techno 장르는 kick 드럼이 정박에 맞춰 연주되는 특징이 있다. 모델이 워킹을 하며 일정한 리듬을 유지하기 위해서 정박에 맞춘 kick 드럼 요소가 용이하기에 위와 같은 장르의 형식으로 결정하였다. 또한 Techno 라는 장르를 어둡고 절제된 분위기를 주며 빠르게 변화하는 기술적 진보에 대한 음악적 대화로 해석하였다. 작품의 기승전결에 따라 곡의 템포가 계속 바뀌는 것으로 수면의 단계를 표현하고자 했다.

59) Techno는 전자 음악 장르 중 하나로, 주로 전자적이고 반복적인 비트와 신디사이저의 활용에 중점을 둔다. 해당 장르는 1980년대 후반에 도시적인 환경과 테크놀로지의 영향을 받아 발전하였다.

2. 작품 구성

1) 음악 구성

본 작품은 Intro - A - B - Chorus1 - B2 - Chorus2 - Interlude - B3 - Outro의 구성으로 나누어진다. 4분의 4박자로 작곡되었으며, a단조 음악이다. 어두운 분위기와 테크노 음악 형식으로 진행되고 곡의 파트별로 BPM⁶⁰⁾의 변화가 있다.

<표-9> 파트별 음악의 BPM과 타임라인

파트	Intro	A	B	Chorus1	B2
타임라인	0:00~ 0:49	0:50~ 1:37	1:38~ 1:58	1:59~ 2:33	2:34~ 2:40
마디	16마디	16마디	8마디	16마디	4마디
BPM	80	80	80-110	110	110-130

<표-10> 파트별 음악의 BPM과 타임라인 두 번째

파트	Chorus2	Interlude	B3	Outro
타임라인	2:41~ 3:40	3:41~ 4:09	4:10~ 4:30	4:31~ 5:20
마디	32마디	12마디	8마디	20마디
BPM	130	130-80-84	84-100	100

60) Beat Per Minute의 약자. 곡의 빠르기를 표시할 때 사용하는 용어.

Intro는 꿈속으로 진입하는 단계로 녹음된 코고는 소리(snoring sound)를 악기로 활용하여 사운드 프로세싱이 추가되며 진행된다.

A는 꿈에 진입한 후 패션쇼가 시작되는 파트다. 첫 8마디부터 kick 드럼이 정박에 추가되며 리듬이 추가되고, 뒤 8마디부터는 리듬이 사라지기 시작한다.

B는 Chorus1로 가기 위한 도약 단계로 빌드업(build-up) 역할을 한다. 리듬을 배제한 형태로 진행되고, FX 사운드와 베이스 악기들의 구성으로 진행된다. 진행되는 8마디를 통해 곡의 템포가 올라가면서 도약의 느낌을 더욱 고조시킨다.

Chorus1부터는 리듬이 다시 시작되고 작품의 하이라이트 느낌을 더욱 강조하며, 베이스는 basso continuo⁶¹⁾ 형태로 진행된다. 해당 구성의 첫 8마디는 FM synthesis의 악기가 주로 사용되고, 뒤 8마디는 noise를 활용한 리듬이 추가 된다.

B2에서도 B와 마찬가지로 Chorus2로 진행하기 전 빌드업 역할을 하며 템포가 상승하며 작품의 파트 전환을 예고한다.

Chorus2의 앞 16마디는 Chorus1과 비슷한 구성이지만, 빠른 템포로 진행되는 것에 차이가 있다. 뒤 16마디부터는 additive synthesis로 제작된 리드(lead)⁶²⁾ 악기가 추가되어 미니멀하며 어두웠던 분위기에 감성적인 분위기를 조성한다.

Interlude에서는 작품의 Outro가 다가오고 있다는 것을 예고하는 목적으로 템포가 급격하게 느려지고 Chorus2에서 사용된 리드 악기가 분위기를 이어간다.

B3에서는 느려졌던 템포가 다시 빨라지며 Outro로 파트가 이어진다. Outro에서는 악기 구성이 미니멀해지며, bit crusher 효과를 통해 꿈에서 점점 깨며 현실로 돌아감을 표현한다.

61) 17C-18C에 걸쳐 유럽에서 널리 유행했던 음악 기법으로, 건반악기의 주어진 베이스라인 위에 부분적으로 즉흥적 화음이 더해지며 반주 성부를 완성시키는 방법 또는 그 저음 부분을 가리킨다.

62) 리드는 멜로디 파트를 말하며, 리드 악기는 이 멜로디를 위한 악기 음색을 말한다.

2) 영상 구성

영상은 패턴과 무대 배경 두 가지가 조화를 이루며, 영상 시나리오가 진행된다. 무대 배경은 꿈속으로 진입하는 단계에서부터 음악의 흐름에 따라 꿈의 단계가 깊어지고, 단계에 맞게 영상의 속도, 생동감이 변화한다. 의류 패턴도 마찬가지로 모노(mono)톤의 간단한 패턴으로 시작하여, 음악이 진행될수록 분위기에 어울리게 색감이 입혀지고 패턴의 변화가 화려해진다.


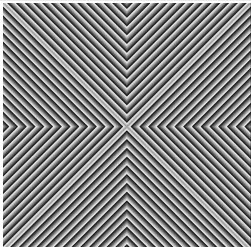
잠이 들어 꿈을 인지하고 적응해 나가는 초입 단계로 Intro 파트에서는 의상 패턴의 등장 없이 무대 배경과 모델의 연기로 진행된다.

<표-11> Intro 파트의 패턴

파트	패턴1	패턴2
Intro	없음	없음

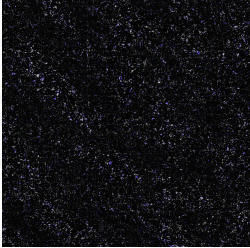
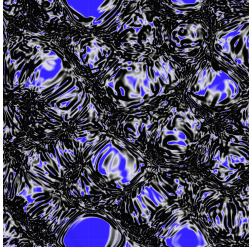
A 파트부터는 꿈에서의 패션쇼가 시작되고 패턴이 생성된다. 영상 연구에서 설명한 Circle 패턴과 Stripe 패턴이 서로 교차하며 B 파트까지 재생된다. A 파트는 꿈의 1단계로 간단하며 화려하지 않은 패턴을 사용하여 표현하였다.

<표-12> A 파트와 B 파트의 패턴

파트	Circle	Stripe
A, B		

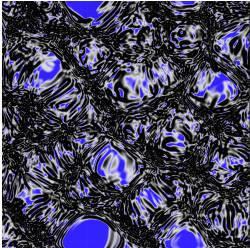
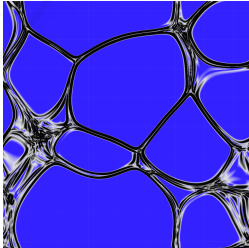
좀 더 깊은 꿈속으로 진입하여 Chorus1 파트에서는 Paint 패턴이 사용되며 색상이 추가되고, kick 드럼의 미디 신호를 받아 패턴이 변화한다. 시간 축에 따라 Paint2로 변화하는 패턴에서 kick 드럼의 연주에 연동되어 Paint1로 초기화된다. 또한 미디 컨트롤러의 노브를 조절하여 색상의 변화를 준다.

<표-13> Chorus1 파트의 패턴

파트	Paint1	Paint2
Chorus1		

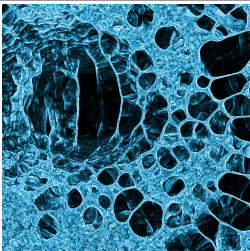
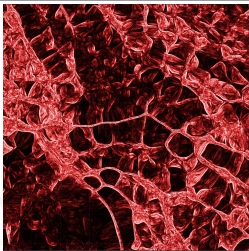
B2 파트에서는 Chorus1 파트에서 사용된 Paint 패턴이 유지된다. 하지만 B2 파트에서는 리듬이 사라지며, kick 드럼을 통해 Paint1로 초기화하는 역할이 없어진다. 따라서 시간 축에 따라 Paint3의 형태로 변화한다.

<표-14> B2 파트의 패턴

파트	Paint2	Paint3
B2		

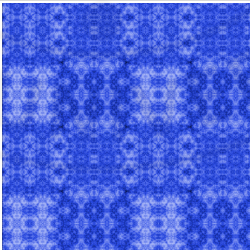
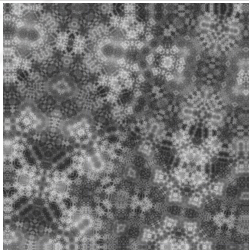
Chorus2 파트에서는 Water 패턴이 사용된다. kick 드럼에 의해 패턴이 재생성되며, 노브를 조절하여 패턴의 생성 속도를 변경하고 <표-15>에 설명한 색상 외에 blue, purple, yellowgreen의 색상으로 노브를 통해 변화를 준다.

<표-15> Chorus2 파트의 패턴

파트	Water (Sky blue)	Water (Red)
Chorus2		

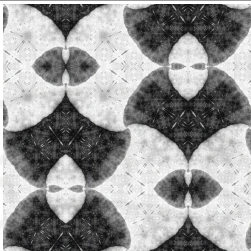
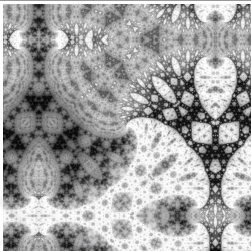
Interlude 파트에서는 Chorus2 파트에 이어 색상을 유지하며 Antique 패턴으로 변화한다. 음악의 템포가 점점 느려지고, 색상은 모노톤으로 변경된다. Interlude 파트 또한 kick 드럼에 의해 패턴이 재생성되며, 노브를 통해 패턴의 Scale과 Rotate, x축을 조정하여 변화를 보여준다.

<표-16> Interlude 파트의 패턴

파트	Antique (Blue)	Antique (Mono)
Interlude		

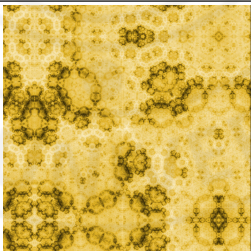
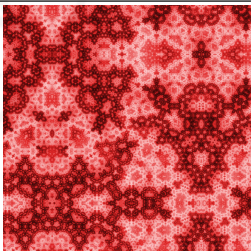
B3 파트에서는 무대 배경이 사라지며 Interlude 파트에서 이어진 Antique 패턴에 시선을 집중시킨다. Rotate과 x축 변화를 사용하여 패턴의 움직임을 보여준다.

<표-17> B3 파트의 패턴

파트	Antique (Rotate)	Antique (TransX)
B3		

마지막 Outro 파트는 Interlude 및 B3 파트와 동일하게 Antique 패턴을 사용한다. 꿈을 마무리하며 잠에서 깨어나는 구간으로 훨씬 다양한 색상 변화를 보여주며 서서히 패턴이 사라진다.

<표-18> Outro 파트의 패턴

파트	Antique (Mustard)	Antique (Red)
Outro		

3. 작품에서의 기술 적용 및 효과

앞에서 설명한 기술 연구를 토대로 음악과 영상의 적용 방식 및 공연 당시 무대 비주얼을 설명한다. 이를 바탕으로 작품에서 사용된 기술의 심미적 효과와 음악과 영상의 인터랙션을 설명한다. 공연 시스템에서 설명한 그림과 같이 무대 앞 객석 위치에 모션 트래킹을 위한 센서인 Azure Kinect DK와 모델의 의상에 프로젝션 맵핑을 적용할 빔 프로젝터 및 TouchDesigner를 실행할 컴퓨터를 배치하였다. 무대 위에서 영상과 음악을 오퍼레이팅(operating)하였고, 무대에 배치된 컴퓨터를 통해 공연장의 메인 프로젝터로 무대 영상을 송출하며, 공연장의 스피커로 사운드를 출력했다.

작품에서 무대 배경에 적용된 Arena 영상효과는 <표-19>에서 언급하고 있는 사운드 프로세싱에 맞춰 연동되어 적용된다.

<표-19> 사운드 프로세싱에 적용되어 있는 영상효과

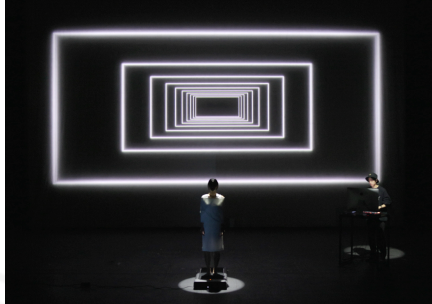
영상효과	사운드 프로세싱
Distortion	bit crusher
Acuarela	low pass filter
Goo	flanger, chorus
Flip	panning ⁶³⁾
Strobe, Shift RGB	automation을 통한 조절
Fragment	tremolo ⁶⁴⁾
Shift Glitch	wavetable synthesis

63) 스테레오 사운드에서는 좌우 각각 다른 소리를 들을 수 있다. 사운드에서 양쪽의 음량 비율을 pan이라고 하며, 이를 조절하는 것을 panning이라 한다.

64) tremolo는 들어오는 신호의 진폭을 모듈레이션하여 주기적으로 볼륨을 변경하는 효과이다.

1) Intro

<표-20> Intro 파트의 기술 적용 및 효과

파트	시간	사운드 프로세싱	무대 비주얼
Intro	0:00~0:49	granular synthesis formant synthesis FM synthesis wavetable synthesis	

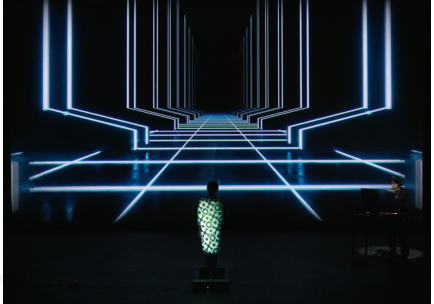
첫 Intro에서는 잠에 드는 것부터 시작한다. 코고는 소리를 샘플링하여 작품의 Outro까지 재생되는데, A로의 도약에서 granular synthesis를 사용함으로써 소리의 변화로 기묘한 느낌과 몰입적인 느낌을 조성한다. 또한 인간의 Choir⁶⁵⁾ 사운드에 formant synthesis를 사용하여 A, E, IY, O의 발음들로 모델에게 대화를 시도하는 느낌을 의도한다. FM synthesis를 사용하여 꿈속으로 진입하는 분위기를 조성하고, 모델은 꿈에 적응하며 걷기 시작한다. 무대 배경에서는 검정과 흰 색상의 Tunnel Loop이 재생된다. 두 가지 색상을 통해 꿈의 시작점에서 어떠한 색도 정해지지 않은 상태를 나타내며 무한한 가능성을 암시한다. 시작 단계인 Intro에서는 더욱 깊은 꿈속으로 진입하며 자유롭게 결합이 될 수 있고, 변화를 받아들이며 확장될 수 있는 과정을 상징한다. wavetable synthesis로 제작한 glitch⁶⁶⁾ 사운드가 재생되며, Shift Glitch 영상효과 또한 무대 배경에 적용된다. glitch 효과를 통해 불완전한 꿈을 표현하며, 꿈에서 깨어나 현실로 돌아오게 하는 방해 요소로 적용된다.

65) 현재는 일반적인 합창단을 뜻하는 의미를 가지고 있다.

66) 전자 기기에서 glitch가 발생할 때 나는 기계음, CD 플레이어나 컴퓨터의 소음 등을 활용한 사운드

2) A

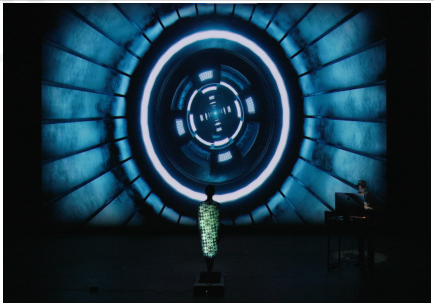
<표-21> A 파트의 기술 적용 및 효과

파트	시간	사운드 프로세싱	무대 비주얼
A	0:50~1:37	formant synthesis FM synthesis additive synthesis	

A부터 꿈에서의 패션쇼가 시작된다. 모델의 의상에는 영상 구성에서 설명한 Circle 패턴과 Stripe 패턴이 맵핑되며, 무대 배경은 검정색과 흰색에 파란빛이 추가된 Tunnel Loop이 재생된다. 패션쇼의 시작을 알리는 리듬인 kick 드럼이 추가되고, additive synthesis와 FM synthesis로 제작한 베이스와 리드 사운드를 통해 어두우며 절제되어 있는 느낌을 표현한다. formant synthesis를 사용한 choir는 A에서도 이어지며 곡의 pad⁶⁷⁾ 역할을 한다.

3) B

<표-22> B 파트의 기술 적용 및 효과

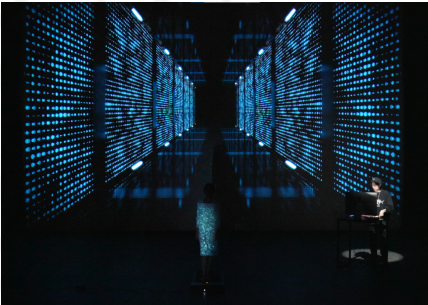
파트	시간	사운드 프로세싱	무대 비주얼
B	1:38~1:58	FM synthesis granular synthesis flanger low pass filter	

67) 음악의 배경을 담당하는 지속음 또는 지속 화음을 내는 음색.

B에서는 패션쇼의 주요 파트인 Chorus1 파트로 향하며 악기의 구성이 단순해진다. 무대 배경은 변하지만 의상의 패턴은 A 파트와 동일하게 유지하며 진행된다. 더욱 깊은 꿈속으로 빠져드는 느낌을 주기 위해 FM synthesis의 brightness를 변형하여 신비하고 기묘한 감정이 느껴지는 FX 사운드로 프로세싱하였고, 코고는 소리에 짧은 주기로 granular synthesis를 적용하여 사운드가 변형된다. BPM 80에서 110으로 음악과 영상의 속도가 빨라지고, noise에 low pass filter를 입혀 sweep up⁶⁸⁾ 형태의 FX로 사운드가 재생된다.

4) Chorus1

<표-23> Chorus1 파트의 기술 적용 및 효과

파트	시간	사운드 프로세싱	무대 비주얼
Chorus1	1:59~2:33	FM synthesis formant synthesis additive synthesis wavetable synthesis	

Chorus1은 작품에 존재하는 총 2번의 패션쇼 주요 파트다. 무대 배경은 패션쇼의 런웨이와 같은 형태로 변형되고, B에서 제외했던 kick 드럼에 따라 변화를 보여주는 Paint 패턴이 등장한다. kick 드럼 외에도 다양한 리듬(hihat, snare, noise 등)이 추가된다. saw 파형을 사용한 FM synthesis를 통해 속도감을 주는 리드를 표현하였다. choir에 사용한 formant synthesis는 choir의 길이가 짧아지며 정박에서 stab⁶⁹⁾ 역할로 변화한다. additive synthesis로는 강력한 attack을 가진 베이스 사운드로

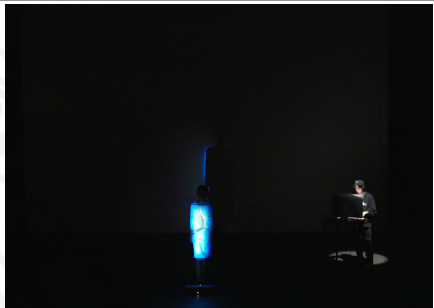
68) noise나 신디사이저의 pitch를 활용한 FX의 종류 중 하나로, 상승하는 느낌을 주는 FX

69) 곡에 극적인 구두점을 추가하는 단일 스타카토 음표 또는 코드

제작되어 무거운 분위기를 의도한다. wavetable synthesis는 Intro에서 등장했던 glitch 사운드와 동일한 사운드로 재생되고, 영상효과와 동시에 적용되어있는 Shift Glitch에 추가로 Shift RGB와 Strobe가 함께 적용된다.

5) B2

<표-24> B2 파트의 기술 적용 및 효과

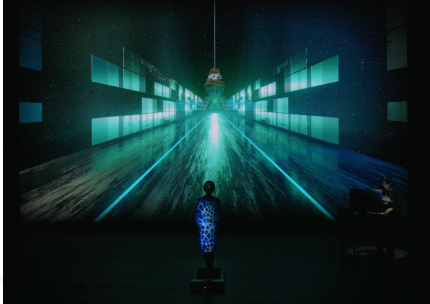
파트	시간	사운드 프로세싱	무대 비주얼
B3	2:34~2:40	FM synthesis flanger	

B2는 작품의 2번째 주요 파트인 Chorus2 파트로 도약하기 위한 짧은 단계이다. 무대 배경이 사라짐으로 변화하는 Paint 패턴에 시선 집중을 의도한다. 꿈속 공간의 차원이 확장되고 새로운 무대를 맞이할 준비를 한다. 리듬이 제외되며 Paint 패턴의 재생성 없이 패턴이 확장되는 변화를 보여준다. FM synthesis를 사용한 FX 사운드와 flanger 효과를 더해 공간적 변화의 암시와 전환 효과 중 하나인 페이드아웃(fade-out)⁷⁰⁾ 효과를 표현하였다. B와 마찬가지로 템포 변화를 통해 고조되는 분위기를 부각한다.

70) 장면에서 다음 장면으로 넘어갈 때 자연스럽게 편안하게 전환되도록 하기 위해 사용하는 전환 효과 중 하나로 장면이 끝날 때는 페이드아웃, 시작할 때는 페이드인이라 부른다.

6) Chorus2

<표-25> Chorus2 파트의 기술 적용 및 효과

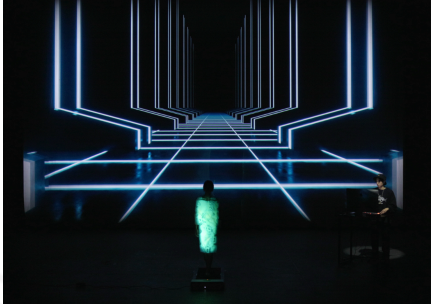
파트	시간	사운드 프로세싱	무대 비주얼
Chorus2	2:41~3:40	FM synthesis formant synthesis additive synthesis wavetable synthesis flanger chorus low pass filter	

Chorus2의 음악과 무대는 극에 다다른다. 작품의 최고조에 도달하며, 꿈의 세계 속 패션쇼는 환상적인 빛으로 물든다. BPM 130의 빠른 템포에 맞춰 무대 영상의 속도 또한 빨라지고, kick 드럼에 맞춰 재생되는 Water 패턴을 사용하여 더욱 다채롭고 속도감 있는 무대를 표현한다. Chorus2 파트가 시작하는 2마디 동안 전체 악기 구성에 low pass filter를 통해 페이드인(fade-in)효과를 표현한다. Chorus1 파트와 같은 악기 구성으로 진행이 되며, FM synthesis로 제작한 더욱 많은 FX 사운드가 추가된다. flanger와 chorus 음향효과를 통해 사운드에 공간감을 더해주고, 기본적인 신디사이저 소리에 색감을 더해준다. FM synthesis로 제작한 리드 악기를 사용해서 아르페지오(arpeggio)⁷¹⁾를 구현하였고 구간반복(loop)을 사용해서 실시간 연주를 짧은 rate로 반복시킨다. additive synthesis를 사용한 리드 악기는 절제되었던 어두운 분위기의 패션쇼에 감성적인 분위기를 조성한다. 이를 통해 의상의 패턴 또한 다채로운 색감으로 변형했다.

71) 끊어진 화음의 한 종류로, 화음을 구성하는 음을 상승 또는 하강 순서로 연주하는 방법

7) Interlude


<표-26> Interlude 파트의 기술 적용 및 효과

파트	시간	사운드 프로세싱	무대 비주얼
Interlude	3:41~4:09	FM synthesis additive synthesis granular synthesis chorus delay tremolo	

패션쇼의 주요 파트였던 Chorus2 파트가 종결되고 감정의 정점에서 침묵이 흐르며 Interlude가 등장한다. A 파트와 동일한 무대 영상이 재생되다가 Intro 파트와 동일한 배경으로 변화한다. 의상은 Antique 패턴으로 변화하고, A 파트와 동일한 무대 영상일 때는 색감을 유지 하다가 Intro 파트와 동일한 영상으로 바뀌면서 모노톤으로 변경된다. 강력하고 빠르게 고조되었던 Chorus2 파트로 부터 점점 느려지고, 꿈의 초기였던 A 파트의 템포로 돌아간다. 꿈을 인지하며 마지막을 향해 패션쇼가 진행된다. additive synthesis를 통한 멜로디 리드가 유지되지만 chorus 음향효과와 함께 템포가 느려짐으로써 더욱 꿈속과 같은 몽환적인 느낌을 전해준다. Chorus2 파트에서 등장했던 FM synthesis로 제작한 FX에 granular synthesis를 적용하고, delay를 통해 변화하는 공간의 흐름을 표현한다. tremolo 효과를 B3 파트로 넘어가기 전에 전환 효과처럼 사용했다.

8) B3

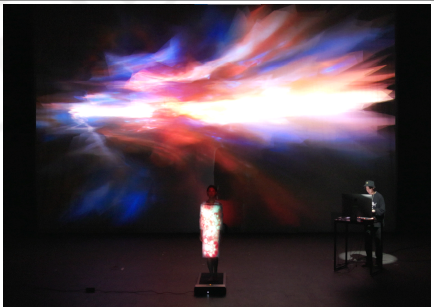
<표-27> B3 파트의 기술 적용 및 효과

파트	시간	사운드 프로세싱	무대 비주얼
B3	4:10~4:30	FM synthesis flanger tremolo	

B3에서는 꿈의 마지막인 Outro 파트로 향하며 페이드아웃의 느낌을 준다. 무대 영상은 사라지고 Antique 패턴이 유지된다. 해당 패턴은 노브를 통해 움직임을 보여준다. B2 파트와 동일하게 의상 패턴에 집중시키며, 음악의 구성 또한 간단해진다. FM synthesis로 제작한 FX 사운드들과 kick 드럼 및 코고는 소리가 주요소로 구성되며, tremolo와 flanger를 통해 단순한 구성의 음악에 색감과 공간감의 변화를 만들어 준다.

9) Outro

<표-28> Outro 파트의 기술 적용 및 효과

파트	시간	사운드 프로세싱	무대 비주얼
Outro	4:31~5:20	FM synthesis additive synthesis panning granular synthesis delay bit crusher formant synthesis	

꿈속에서의 마지막 단계인 Outro는 Chorus1 파트에서 등장했던 additive synthesis로 제작한 베이스와 formant synthesis를 통한 stab이 구성의 주를 이룬다. 무대 영상은 새로운 Tunnel Loop이 등장한다. panning의 좌,

우 값에 따라 영상의 y축 Flip으로 좌우 위치가 변화하고, 이를 통해 꿈속에서 헤매는 느낌을 연출했다. 또한 bit crusher 효과는 꿈에서 깨어나는 요소로 작용한다. Outro 파트의 의상 패턴은 Antique 패턴이 지속되고, 노브에 의해 다양한 색상으로 변화한다. FM synthesis를 활용한 FX에 delay를 적용하고, delay가 적용된 사운드에 granular synthesis를 적용하여 몽환적이며 신비로운(enchanting) 효과를 보여준다.



IV. 결론

본 연구는 모션 트래킹을 활용한 프로젝션 맵핑을 통해 패션과 예술의 융합을 목적으로 제작한 인터랙티브 멀티미디어 작품에 관한 연구이다. 평소 관심이 많았던 패션쇼를 꿈이라는 세계에서 접하고, 무의식과 의식의 융합으로 현실에 탄생시켰다. 음악에 따라 변화하는 의상 패턴과 무대 배경을 통해 아날로그 형태의 기존 패션쇼와는 다르게 변화되는 음악, 의상 및 무대 배경의 조합을 실시간 인터랙션이 이루어지도록 시도하였다.

청각적 요소인 음악에서는 Max와 Ableton Live를 사용한 사운드 프로세싱을 통해 Techno라는 장르를 꿈의 배경에 맞게 재해석하기 위한 연구와 제작을 했다. 또한 템포, 음색 및 음향효과 등 다양한 변화를 통해 단조로움을 야기할 수 있는 반복적인 음악적 구조를 보완하였다. Ableton Live에서 사운드 프로세싱을 더욱 효율적으로 사용하기 위해 Max for Live의 방식을 활용하여 테이프음악 제작과 실시간 음향효과를 적용하였다.

시각적 요소인 의상 패턴과 무대 배경은 TouchDesigner, After Effect 및 Arena를 통해 제작하고 구현하였다. 실시간으로 움직이는 모델에게 Azure Kinect DK라는 센서를 사용하여 모션 트래킹을 활용하였다. 본 논문에서 언급하는 움직이는 모델의 의상 형태를 감지할 수 있는 효율적인 방안을 연구한 결과, skeleton tracking을 활용하여 모델의 x, y 위치 값만을 TouchDesigner로 입력받는 방법이 적합했다. TouchDesigner로 제작한 패턴들은 모델의 의상에 프로젝션 맵핑을 하였고, 모델의 움직임에 따라 센서로 입력 받은 x, y 값을 프로젝션 맵핑을 하는 위치에 적용하였다. 무대 배경 제작에 사용한 After Effect는 실시간 인터랙션이 불가능하여 렌더링 후 Arena를 통해 재생하였고, 영상효과의 적용과 프로젝션 맵핑을 구현하였다.

모델의 의상은 프로젝션 맵핑에 용이한 형태로 제작되었고, 모델은 제작된 의상을 입고 워킹머신을 통해 음악과 인터랙션이 가능한 워킹을 구현하였다.

무대 배경과 음악, 의상이 조화롭게 어울릴 수 있도록 무대에서 직접 오퍼레이터 역할을 하며 미디 컨트롤러를 조작하였으며, 이를 통해 음향 및 영상효과의 인터랙션으로 관객들에게 시각적 요소와 청각적 요소의 상호작용을 명확하게 보여줄 수 있었다.

본 연구를 진행하며 발생한 문제는 다음과 같다. 첫 번째는 현재 디스플레이 기술 구현 방식에 관한 것이다. 본 연구에서 궁극적으로 요구하는 성격의 디스플레이 기술은 대중화되지 않아 높은 가격대가 형성되어 있으며, 관련 기술 연구가 더욱 필요하다. 이를 대체하기 위한 방법으로 모션 트래킹과 프로젝션 맵핑을 통한 작품 연구를 진행하였지만, 공연장의 밝기, 모션 트래킹 센서의 작동 범위에 따라 맵핑하는 위치가 변화하거나 인식이 되지 않는 문제점이 존재하였다.

두 번째는 공연자의 모션 트래킹 인식 방식에 관한 것이다. Azure Kinect DK를 사용하여 공연자의 위치 및 skeleton tracking 데이터를 전달 받는 방식은 다수 공연자의 데이터를 전달받기에는 효과적이지 않다. 센서 앵글을 벗어난 경우 및 개인의 객체 인식이 되지 않는 점에 대한 한계가 존재한다. 따라서 Azure Kinect DK와 같은 모션 트래킹 센서와 위치 측정 센서를 혼합하여 정확도를 향상시키는 방식에 대한 연구가 필요하다. 추후 연구 과제로 한 명의 공연자를 위한 시스템이 아닌, 다수 공연자를 대상으로 한 멀티미디어 작품에 객체 인식의 용이성을 적용하여 개개인의 개성을 부각시킬 수 있는 방식의 연구가 필요하다.

Keyword(검색어)

컴퓨터음악(computer music), 프로젝션 맵핑(Projection Mapping), 인터랙티브 멀티미디어 음악(interactive multimedia music), Max, 실시간 사운드 프로세싱(real-time sound processing), 모션 트래킹(Motion Tracking), TouchDesigner, Ableton Live, 소리 합성법(Sound Synthesis)

E-mail: skushmusic@gmail.com

참 고 문 헌

1. 단행본, 학술지

김영민, 「사운드 디자인을 위한 맥스」 (Real lies Media, 2017)

김서영, 「무의식의 방」 (책 세상, 2020)

문성태, 이현범, 김표진 「2020 융합연구리뷰 Convergence Reserch Review April vol.6 no.4」 (융합연구정책센터 2020)

이관규, 「be sound be visionary TouchDesigner Guide」 (be sound be visionary 2023)

장호준, 「음향시스템핸드북 3.5 Edition」 (BIC 미디어북스 2012)

Roy Ascott, 「Technoetic Arts」 (Intellect books 2003)

Roger T. Dean, 「The Oxford Handbook of Computer Music」 (Oxford University Press, 2009)

Charles Dodge, Thomas A. Jerse 「Computer Music Synthesis, Compostion, And Performance」 (Schirmer Books 1985)

Thom Holmes, 「Electronic and Experimental Music : Technology, Music and Culture」 (Routledge, 2002)

Tomasz Mazuryk and Michael Gervautz, 「Virtual Reality History, Applications, Technology and Future」 (Vienna University of Technology 1996)

John R Pierce, 「The Science of Musical Sound」 (W H Freeman & Co 1992)

Miller Puckette, 「The Theory and Technique of Electronic Music」 (World Scientific Publishing Company 2007)

Curtis Roads, 「The Computer Music Tutorial」 (The MIT Press 1996)

Bernard Werber, 「잠」 (열린 책들 2017)

2. 참고논문

김연주, 「포스트모더니즘 이후의 멀티미디어음악 제작을 위한 실시간 인터랙티브 오디오-비주얼 시스템 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2022)

김지혜, 「적외선 멀티 블롭 트래킹을 이용한 인터랙티브 멀티미디어 작품 제작」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2013)

김진우, 「우두 드럼의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한 멀티미디어 음악 작품 제작 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2021)

이관규, 「피아노 연주와 무용수의 움직임을 이용한 인터랙티브 멀티미디어 작품 제작 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2021)

라지웅, 「Max/MSP와 Generative Art를 이용한 멀티미디어 음악 제작 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2008)

윤기선, 「키넥트를 이용한 인터랙티브 멀티미디어 작품 제작 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2011)

조환희, 「베이스 트롬본과 피아노의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한 멀티미디어작품 제작 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2019)

최준환, 김준 「인터랙티브 멀티미디어 작품 제작에서 Kinect의 motion tracking 활용 연구」 (한국공학예술학회 논문지 제5권 제1호 , 2013)

3. 웹사이트

Max: <https://cycling74.com/>

Serum: <https://xferrecords.com/products/serum/>

Ableton Live: <https://www.ableton.com/>

Azure Kinect DK: <https://learn.microsoft.com/ko-kr/azure/kinect-dk/>

Arena: <https://www.resolume.com/>

TouchDesigner: <https://derivative.ca/>

ABSTRACT

A Study on Interactive Multimedia Art
Production and Projection Mapping Based on
Real-time Motion Tracking
(Focus on Multimedia Art <The Dream Show>)

Im, So Hyuk

Department of Multimedia
Graduate School of Digital Image and Contents
Dongguk University

The work <The Dream Show> is an interactive multimedia art created with the aim of integrating fashion and art through the use of motion tracking and projection mapping. The piece immerses viewers in a world that interprets a fashion show as a dream, blending the subconscious and conscious to bring it to life in reality.

Unlike traditional analog fashion shows, <The Dream Show> dynamically alters the combination of music, costumes, and stage background in real-time, responding to changes in the music.

In the auditory realm, various synthesizers and flangers, bit crushers, filters, delays, and other sound effects were crafted using Max and Ableton Live. This reinterpretation of the Techno genre, fitting the dreamlike setting, incorporates tape music and real-time sound effects.

The visual elements, including costume patterns and stage backgrounds, were created and implemented using TouchDesigner, After Effects, and Arena. The Azure Kinect DK sensor was employed for motion tracking on models moving in real-time. Patterns created in TouchDesigner were projected onto the models' costumes through projection mapping, adapting the X, Y values received from the sensor based on the models' movements. After Effects, used for creating the stage background, was rendered and played back through Arena, with video effects and projection mapping implemented. The costumes were designed to facilitate projection mapping, and models, wearing these costumes, performed on a treadmill, interacting with the music.

To ensure the harmonious blending of stage background, music, and costumes, the operator played a direct role on stage, manipulating the controller to control the interaction of sound and visual effects. This allowed the audience to witness a clear interaction between visual and auditory elements through the synergy of the operator's role in real-time.

부록 : 첨부 DVD 설명

1. The Dream Show 공연 영상

2023년 11월 11일 멀티미디어 작품 <The Dream Show>의 공연 영상

2. The Dream Show 패치

작품에 사용된 Max, Max for Live 패치

