



저작자표시-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



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

무용수의 동작인식을 이용한
인터랙티브 멀티미디어 작품 제작 연구

-멀티미디어 작품 <Emote>를 중심으로-

지도교수 김 준

동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과

한 수 용

2025

석사학위논문

무용수의 동작인식을 이용한
인터랙티브 멀티미디어 작품 제작 연구

-멀티미디어 작품 <Emote>를 중심으로-

한수용

지도교수 김준

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함
2024년 12월

한수용의 음악석사(컴퓨터음악)학위 논문을 인준함

2025년 1월

위원장 정진헌

위원 김정호

위원 김준

동국대학교 영상대학원



목 차

I. 서론	1
1. 연구 배경 및 목적	1
2. 감정표현을 위한 무용 동작 연구	4
1) 움직임 분석 이론	4
2) 동작 연구	8
II. 기술 연구	12
1. 영상 디자인 연구	12
1) 색채 심리와 감정표현	12
2) 영상 시스템 제작	14
2. 사운드 디자인 연구	21
1) 사운드 디자인	21
① wavetable synthesis	21
② physical modeling synthesis	23
2) 사운드 프로세싱 디자인	25
① flanger	25
② chorus	26
③ bitcrusher	27
④ amplitude modulation	28
⑤ comb filter	29

3. 모션 트래킹 기술 연구	32
1) 센서를 활용한 모션 트래킹	32
2) 무용수의 움직임 분석	36
4. 실시간 인터랙션 시스템 연구	38
1) 영상 인터랙션 시스템	38
2) 사운드 인터랙션 시스템	45
III. 연구 기술의 작품 적용	48
1. 작품 소개	48
2. 작품 구성	50
1) 무대 구성	50
2) 음악 구성	52
3) 영상 구성	54
3. 작품에서의 기술 적용 및 효과	60
1) A 파트	60
2) B 파트	61
3) B' 파트	62
4) C 파트	63
5) A' 파트	64
IV. 결 론	66
참 고 문 헌	68
ABSTRACT	71
부록-1 : 첨부 DVD 설명	74

[그림 목 차]

[그림-1] 레픽아나돌의 미디어 아트 작품 <희로애락>	1
[그림-2] Mece Cunningham의 디지털 아트<BIPED>	3
[그림-3] 기쁨의 감정을 표현하는 동작 예시	8
[그림-4] 분노의 감정을 표현하는 동작 예시	9
[그림-5] 슬픔의 감정을 표현하는 동작 예시	10
[그림-6] 행복의 감정을 표현하는 동작 예시	11
[그림-7] sphere SOP 오퍼레이터의 파라미터	15
[그림-8] 구체의 radius 값 설정 예시	15
[그림-9] 지오메트리 COMP 예시	16
[그림-10] 해상도를 이용한 픽셀 갯수 변호 예시	17
[그림-11] 지오메트리COMP로 인스턴싱된 파티클의 모습	17
[그림-12] absTime.seconds 함수를 적용한 예시	18
[그림-13] 파티클의 z축 이동을 렌더링한 예시	19
[그림-14] 터치디자이너에서 파티클에 적용한 피드백 시스템 예시	20
[그림-15] 피드백을 적용한 비주얼 예시	20
[그림-16] Ableton Live에 내장된 wavetable synthesis 가상악기 meld ..	22
[그림-17] Yamaha의 physical modeling synthesizer인 VL1	23
[그림-18] Ableton Live에서 구현한 Tree Tone의 예시	24
[그림-19] flanger 음향 효과를 구현한 Max 패치	25
[그림-20] chorus 음향 효과를 구현한 Max 패치	26
[그림-21] bitcrusher를 구현한 Max 패치	27
[그림-22] amplitude modulation을 구현한 Max 패치	28

[그림-23]	합성음의 original과 comb filtering을 거친 파형	29
[그림-24]	combfiler & rm 패치	30
[그림-25]	pfft~ xover로 주파수를 분리한 패치	31
[그림-26]	Azure Kinect DK의 구성도	34
[그림-27]	터치디자이너에서 hand 값을 추출하는 패치	36
[그림-28]	공연 OSC 시스템 설계도	37
[그림-29]	X축 데이터 값 추출 적용 예시	38
[그림-30]	blur TOP 인터랙션 적용 전 후	39
[그림-31]	uniform scale 인터랙션 적용 전 후	40
[그림-32]	양손 위치의 값을 임계 값에서 픽셀로 변환한 시스템	41
[그림-33]	switch TOP을 이용한 장면 전환	42
[그림-34]	OSC 신호를 0-1 신호로 전환하기 위한 시스템	43
[그림-35]	twrl COMP의 예시	43
[그림-36]	twrl 값 인터랙션 적용 전 후	44
[그림-37]	OSC Send 패치	45
[그림-38]	Local HOST와 임의로 지정한 Network Port	46
[그림-39]	Ableton Live에서 터치디자이너 파라미터로 연동하는 시스템	47
[그림-40]	작품 <Emote>의 공연 이미지	48
[그림-41]	무대 구성	50
[그림-42]	무대 정면 Azure Kinect DK와 컴퓨터의 위치	51
[그림-43]	A 파트의 영상 변화	61
[그림-44]	B 파트의 영상 변화	62
[그림-45]	무용수의 팔에 맞춰 움직이는 파티클 예시	63
[그림-46]	C 파트의 영상 변화	64
[그림-47]	A' 파트의 영상 변화	65

<표 목 차>

<표-1> 라반의 움직임 요소	5
<표-2> 에포트 4요소	7
<표-3> 에포트의 4요소를 활용하여 만든 안무 예시	11
<표-4> 색상에 따른 감정의 긍정적, 부정적 표현	13
<표-5> 색채 심리학을 기반으로한 작품에서의 감정과 색상 매치	13
<표-6> 트래킹 센서의 분류	32
<표-7> 영상 인터랙션 시스템	44
<표-8> 파트 감정표현과 조성	52
<표-9> A 파트의 영상 구성	54
<표-10> B 파트의 영상 구성	55
<표-11> B' 파트의 영상 구성	56
<표-12> C 파트의 영상 구성	57
<표-13> A' 파트의 영상 구성	58
<표-14> 파트 구성도	59
<표-15> A 파트에 적용된 사운드 프로세싱과 비주얼 인터랙션	60
<표-16> B 파트에 적용된 사운드 프로세싱과 비주얼 인터랙션	61
<표-17> B' 파트에 적용된 사운드 프로세싱과 비주얼 인터랙션	62
<표-18> C 파트에 적용된 사운드 프로세싱과 비주얼 인터랙션	63
<표-19> A' 파트에 적용된 사운드 프로세싱과 비주얼 인터랙션	64

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

현대 예술에서 멀티미디어 작품은 중요한 매체로 부각되고 있으며, 관객에게 복합적인 감정적 경험을 제공하는 매체로 자리 잡고 있다. 이는 비디오, 오디오, 텍스트, 이미지 등의 요소가 결합하여 관객의 감정을 자극하고, 복합적인 감정을 유발한다. 이러한 감정은 관객이 작품을 해석하는 과정에서 중요한 역할을 한다. 예를 들어, [그림-1]¹⁾은 미디어 아티스트 레픽아나돌²⁾의 <희로애락>이라는 작품으로, 한국인의 공동체적 경험을 빅데이터화하여 표현한 것이다.



[그림-1] 레픽아나돌의 미디어 아트 작품 <희로애락>

1) <https://culture.seoul.go.kr/culture/cultureEvent/view.do?cultcode=144670&menuNo=200008>

2) 터키 출신의 미디어 아티스트. 인공지능(AI), 빅데이터, 머신러닝을 활용하여 디지털 데이터를 시각적으로 표현.

다양한 색채와 형태를 통해 감정의 변화를 시각적으로 표현하고, 이를 통해 관객이 다양한 감정을 경험할 수 있도록 하였다. 이는 예술 작품이 관객의 개인적 배경과 문화적 맥락에 의해 영향을 받기 때문이다.[그림-2]³⁾는 미국의 현대 무용수이자 안무가인 머스 커닝햄(Merce Cunningham)⁴⁾의 작품 <BIPED>이다. 1999년에 제작된 이 작품은, 무용과 디지털 아트의 혁신적인 결합을 보여준다. 머스 커닝햄은 Life Forms⁵⁾라는 소프트웨어를 사용하여 무용 동작을 실험하고 창조하였으며, 이를 통해 독특한 안무를 개발했다. 무대 위의 디지털 이미지는 무용수의 움직임에 실시간으로 반응하여 관객에게 새로운 시각적 경험을 제공하고, 감정적인 깊이를 전달한다. 이 작품에서 머스 커닝햄은 무용수의 움직임을 시간, 공간, 힘, 흐름의 4가지 요소로 분석하여 사용하였다. <BIPED>는 무용, 미디어 아트, 음악의 융합을 통해 관객에게 작품의 감정적 깊이를 느낄 수 있게 한다.

3) <http://openendedgroup.com/artworks/biped.html>

4) 미국의 현대 무용수이자 안무가.

5) Credo Interactive Inc. 에서 개발한 3D캐릭터 애니메이션 소프트웨어.



[그림-2] Merce Cunningham의 디지털 아트 <BIPED>

본 논문에서 다루는 작품 <Emote>는 루돌프 라반(Rudolf von Laban)⁶⁾의 움직임 이론을 바탕으로 하여, 무용수의 동작이 인간의 감정을 담은 표현 도구로 사용한다. 또한, 막스 뤼셔⁷⁾(Max Luscher)의 색채 심리학⁸⁾을 바탕으로 감정과 매치되는 색을 사용한 비주얼을 제작하여, 사운드와 영상을 제어하는 인터랙티브 멀티미디어 작품으로 제작하는 것을 목표로 한다.

6) 헝가리의 무용가이자 무용이론가.

7) 스위스의 색채 심리학자.

8) 색상이 인간의 심리 상태와 감정에 미치는 영향에 관한 이론.

2. 감정표현을 위한 동작 연구

1) 움직임 분석 이론

루돌프 라반의 움직임 분석 이론(Laban Movement Analysis, LMA)은 움직임의 특징 및 질적 요소를 이해하고 그 의미와 가치를 평가하는 데 사용되는 분석 도구이다. 라반의 움직임 분석 요소는 크게 네 가지로 분류되며, 몸(body), 공간(space), 형태(shape) 그리고 에포트(effort)로 구성된다. 이 이론을 통해 신체적 과정에서 움직임이 내적 의도를 외부로 표현하는 것임을 증명하며, 움직임 자체를 객관적으로 분석하는 데 초점을 둔다. 몸(body)은 신체적인 측면에서 뛰기, 펴기, 회전하기, 이동하기 등 다양한 움직임을 만들어 낼 수 있으며, 이는 ‘무엇을 움직이는가’에 대해 내적 의도를 표현하는 시작점이자 기능적 표현을 가능하게 하며, 움직임을 분석하는 출발점이 된다. 공간(space)은 공간 내에서 움직임이 어떤 방향으로 향하는지, 어떤 경로로 움직이는지에 대한 위치와 경로를 분석하는 요소이다. 예를 들어, 무대 왼쪽에서 오른쪽으로 직선 경로를 향해 움직이는 것, 무용수가 원을 그리며 곡선 경로로 회전하는 것, 무대 위, 아래, 앞, 뒤, 좌, 우 등 다양한 방향으로 움직이거나, 좁은 공간 범위에서만 움직이는 등 움직임의 다양한 공간 활용을 분석하는 요소이다. 형태(shape)는 움직임이 공간 속에서 어떤 형태를 만들어내는지에 대한 분석 요소이다. 예를 들어, 손을 곧게 뻗거나 몸을 직선으로 세우는 직선적 형태의 움직임과 팔을 둥글게 돌리거나 몸을 곡선으로 휘는 곡선적 형태의 움직임, 팔을 좌우로 움직이는 수평적 형태의 움직임, 팔을 위, 아래, 수직적으로 움직이는 수직적 형태, 몸을 둥글게

말거나 직각으로 구부리는 등의 입체적 형태로 나뉘어 분석할 수 있다. 마지막으로, 에포트(effort)는 인간이 어떻게 움직이는가에 대한 질적인 요소를 분석한다. 예를들어, 빠르게 걷거나 천천히 걷는 것이 움직임의 질적 요소에 포함된다. <표-1>은 라반의 움직임 분석 요소를 정리한 표이다.

<표-1> 라반의 움직임 분석 요소

요 소	설 명	주요 분석 항목
몸(body)	신체 부위의 사용과 움직임 연결성 분석	신체 일부 사용, 전체 사용
공간(space)	움직임의 방향성과 공간에서의 패턴 분석	키네스피어 ⁹⁾ , 방향성
형태(shape)	신체의 형태 변화와 움직임의 조화 분석	확장, 수축, 자세변화
에포트(effort)	움직임의 질을 나타내는 요소	힘, 시간, 공간, 흐름

또한, 에포트(effort)는 공간, 무게, 시간, 흐름의 네가지 요소로 추가 분류된다. 첫번째, 공간(space)은 움직임이 공간안에서 어떤 느낌과 감정을 표현하는지를 의미한다. 예를 들어, 무용수가 직선으로 걸을 때, 기쁨의 감정은 빠르고 명확하며 자신감 있게 표현되고, 슬픔을 표현할 때는 천천히 걸으며, 움직임이 느리게 진행된다. 앞선 움직임 분석 요소에 등장했던 공간은 물리적인 방향과 경로를 나타내는 움직임이라면, 에포트의 공간은 어떤 상황성을 부여한 질적 요소를

9) 개인의 공간적인 경험과 움직임을 설명하는 개념.

구체적으로 다루는데 차이가 있다. 두번째, 무게(weight)는 무거운 움직임과 가벼운 움직임으로 나뉜다. 무거운 움직임은 힘이 들어간 강한 움직임을 의미하며, 문을 힘껏 밀거나 주먹을 내리치는 등의 움직임을 포함한다. 가벼운 움직임은 가볍게 손을 흔들거나 살포시 뛰는 등 부드럽고 섬세한 움직임이다. 세번째, 시간(time)은 움직임의 빠르고 느린 정도를 나타내는 요소로, 이를 통해 움직임의 속도와 리듬감을 이해하고, 그에 따른 감정이나 의도를 표현할 수 있다. 시간은 빠른 움직임과 느린 움직임으로 나눌 수 있으며, 빠른 움직임은 갑작스럽게 뛰어나가는 동작, 빠른 템포에 맞춰 빠르게 회전하거나 이동하는 동작 등 급하고 신속하게 진행되는 동작을 포함한다. 주로 긴급함, 흥분감, 혹은 경쾌함 같은 감정을 표현한다. 느린 움직임은 동작이 부드럽게 천천히 지속되며, 천천히 걸거나 느린 음악에 맞춰 부드럽게 움직이는 동작 등으로 안정감, 여유, 신중함, 슬픔 등의 감정을 표현할 수 있다. 네번째, 흐름(flow)은 움직임이 얼마나 부드럽고 자연스럽게 이어지는지를 나타낸다. 움직임이 끊김 없이 계속될 것인지, 갑자기 멈추거나 변화할 것인지를 파악할 수 있으며, 부드러운 흐름과 끊기는 흐름으로 분류된다. 부드러운 흐름은 춤에서 리본을 흔드는 것처럼 부드럽게 이어지는 동작, 물속에서 천천히 움직이는 것 같은 동작 등 연속적이고 유연하며 자유롭게 이어지는 움직임을 의미한다. 이를 통해 자유로움과 유연함, 평온함 등의 안정적인 감정을 표현할 수 있다. 끊기는 흐름은 움직임이 갑자기 멈추거나 변화하는 것, 동작이 제한되고 통제되는 것을 의미한다. 로봇과 같은 제한적 동작이나 춤에서 갑자기 방향을 바꾸는 등 신체의 긴장된 상태를 표현한다. 이와 같은 에포트의 4요소를 조합해 특정한 상황을 부여한 동작 예시를 만들어낼 수 있다. 예를 들어, 강한 무게와 빠른 시간, 직선적 공간과 제한된 흐름을 조합하면 빠르게 돌진하며 강하

게 치는 움직임 만들 수 있으며, 이는 긴장감과 강한 에너지를 표현한다. 또 다른 예시로, 강한 무게와 느린 시간, 직선적인 공간과 자유로운 흐름을 조합하면, 신중하고 강한 의지를 가진 느리지만 절도 있는 발걸음을 표현할 수 있다. <표-2>는 라반의 움직임 분석 요소를 정리한 표이다.

<표-2> 에포트의 4요소

에포트 요소	특 징	움직임의 형태	예 시
공간(space)	특정 상황이 부여된.	방향성과 목표 지향성	자신감 있게 걷기 힘 없이 천천히 걷기
무게(weight)	강한 또는 가벼운 움직임	힘과 압력의 정도	문을 힘껏 밀기 (무거운 움직임), 깃털처럼 손 움직이기 (가벼운 움직임)
시간(time)	빠른 또는 느린 움직임	움직임의 속도와 리듬	갑자기 움츠리기(빠른 움직임), 천천히 숨 들이쉬기 (느린 움직임)
흐름(flow)	유동적 또는 제한적인 움직임	움직임의 연속성	부드럽게 춤추기(부드러운 흐름), 조심히 걷기 (끊기는 흐름)

2) 동작 연구

본 작품에서는 인간의 감정표현을 중심으로 동작을 연구하였다. 작품에서 표현한 인간의 감정은 ‘희노애락’ [喜怒哀樂]¹⁰⁾으로, 이는 인생에서 느끼는 여러 감정들을 아울러 뜻하는 말이다. 각각의 요소인 기쁨, 분노, 슬픔, 행복은 라반의 움직임 분석 이론 중 에포트의 4 요소를 바탕으로 다음과 같이 연구하였다. 기쁨의 감정을 표현하기 위해, 무게 요소에서는 가벼운 느낌을 강조하여 무용수가 유연하게 팔을 휘두르며, 동작이 가볍고 경쾌하게 이루어지도록 하였다. 시간 요소는 동작이 빠르고 활기차게 이루어지도록 설정하며, 팔을 휘두를 때도 빠르고 활기찬 움직임을 적용하였다. 공간 요소에서는 넓은 공간을 활발하게 사용하여 큰 반경 안에서 경쾌하게 움직이도록 하였다. 마지막으로, 흐름 요소는 동작이 부드럽고 지속적으로 이루어지도록 하였다.



[그림-3] 기쁨의 감정을 표현한 동작 예시

10) 기쁨과 노여움, 슬픔과 즐거움을 아울러 이르는 말.

분노의 감정을 표현하기 위해, 무게 요소에서는 무거운 느낌을 강조하여 무용수가 힘을 주어 강하게 발차기를 하고, 팔을 뻗어 휘두를 때도 무겁고 힘이 들어가는 동작을 수행하였다. 시간 요소는 동작이 빠르고 급격하게 이루어지도록 설정하며, 팔을 휘두를 때도 빠르고 강렬한 움직임에 적용하였다. 공간 요소는 넓은 공간을 강하게 사용하여 큰 반경 안에서 발차기와 팔을 휘두르는 동작을 수행하도록 하였다. 마지막으로, 흐름 요소는 동작이 강하고 단절된 느낌을 주도록, 지속적이지 않고 단속적으로 이루어지도록 하였다.



[그림-4] 분노의 감정을 표현한 동작 예시

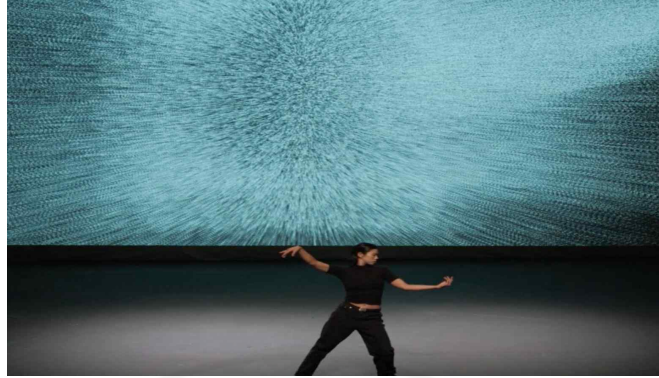
슬픔의 감정을 표현하기 위해, 무게 요소에서는 무거운 느낌을 강조하여 무용수가 몸을 구부려 주저앉고, 팔로 땅을 휘저을 때도 무겁고 힘이 들어가는 동작을 수행하도록 하였다. 시간 요소는 전체적인 동작이 천천히 이루어지도록 설정하여, 팔을 휘저을 때도 느린 움직임을 적용하였다. 공간 요소에서는 좁은 반경 안에서 동작을 수행하도

록 하여, 팔로 땅을 휘저을 때도 좁은 범위만을 사용하도록 하였다. 마지막으로, 흐름 요소에서는 동작이 부드럽고 지속적으로 이루어지도록 하였다.



[그림-5] 슬픔의 감정을 표현한 동작 예시

행복의 감정을 표현하기 위해, 무게 요소에서는 가벼운 느낌을 주기 위해 무용수가 팔을 넓게 벌리고 가볍게 움직였다. 시간 요소에서는 동작이 경쾌하고 빠르게 이루어지도록 설정하였으며, 팔을 움직일 때에도 빠르고 활기찬 움직임을 적용하였다. 공간 요소에서는 넓은 공간을 활발하게 사용하여 큰 반경 안에서 움직임을 수행하도록 하였다. 마지막으로, 흐름 요소는 동작이 부드럽고 지속적으로 이루어지도록 하였다. [그림-6]은 행복의 감정을 표현한 동작의 예시이다.



[그림-6] 행복의 감정을 표현한 동작 예시

<표-3>은 각각의 감정을 표현한 동작 예시를 정리한 내용이다.

<표-3> 에포트의 4요소를 활용하여 만든 안무 예시

감정	 기쁨	 분노	 슬픔	 행복
무게	가볍고 유연하게 팔을 휘두르는 동작	강하고 무겁게 팔을 뻗는 동작, 발로 차는 동작	몸을 구부려 주저 앉고, 팔로 땅을 휘젓는 동작	팔을 넓게 벌리고 가볍게 움직이는 동작
시간	빠르고 활기찬 동작	빠르고 급격한 동작	느린 움직임 적용	경쾌하고 빠른 동작
공간	넓은 공간을 활발하게 사용	넓은 공간을 강하게 사용	좁은 공간 안에서 좁은 범위만 사용	넓은 공간을 활발하게 사용
흐름	부드럽고 지속적인 동작	강하고 단속적인 동작	부드럽고 지속적인 동작	부드럽고 지속적인 동작

II. 기술 연구

1. 영상 디자인 연구

1) 색채 심리와 감정표현

막스 뤼셔(Max Luscher)의 색채 심리학(Color Psychology)은 색상이 인간의 심리 상태와 감정에 미치는 영향에 관한 이론이다. 특정 색상은 인간의 감정에 영향을 줄 수 있으며, 색상이 표현할 수 있는 감정은 긍정적인 감정과 부정적인 감정으로 구분할 수 있다. 예를 들어, 노란색은 밝고 긍정적인 에너지를 전달하며, 희망과 행복, 기쁨을 상징한다. 또한, 노란색의 부정적인 감정으로는 불안과 질투를 들 수 있다. 빨간색은 열정과 강렬한 에너지를 전달하며, 사랑, 열정, 에너지를 상징한다. 또한, 빨간색의 부정적인 감정으로는 위험과 분노를 들 수 있다. 파란색은 차분하고 안정적인 에너지를 전달하며, 평온과 신뢰를 상징한다. 또한, 파란색의 부정적인 감정으로는 우울과 슬픔이 있다. 청록색은 자연과 조화의 에너지를 나타내며, 치유, 균형, 활력을 상징한다. 또한, 청록색의 부정적인 감정으로는 불안과 질투를 들 수 있다. 다음은 각각의 색상을 정리한 표이다.

<표-4> 색상에 따른 감정의 긍정적, 부정적인 표현

색상	긍정적 표현	부정적 표현
노란색	기쁨, 희망	불안, 질투
빨간색	열정, 강렬한 에너지	위험, 분노
파란색	안정감, 신뢰	우울, 슬픔
청록색	균형, 활력	불안, 우울

이와 같이, 막스 뤼셔의 색채 심리학에서는 색상이 다양한 감정을 유발하며, 같은 색상도 긍정적인 감정과 부정적인 감정을 모두 표현할 수 있음을 알 수 있다. 또한, 이러한 연구를 통해 인간의 심리와 감정이 색채로도 표현 가능함을 시사한다. 본 연구에서는 막스 뤼셔의 색채 심리학 요소 이론을 바탕으로 희노애락의 요소인 기쁨, 분노, 슬픔, 행복의 감정을 각 감정선에 맞는 색상으로 적용해 비주얼을 제작하였다. <표-5>¹¹⁾는 인간의 감정을 색상으로 표현한 예시이다.

<표-5> 색채 심리학을 기반으로 한 작품에서의 감정과 색상 매치

감정	기쁨	분노	슬픔	행복
색				

11) <https://www.verywellmind.com/color-psychology-2795824>

2) 영상 시스템 제작

본 연구에서는 무용수의 움직임과 인간의 감정을 담은 비주얼 제작에 초점을 두었다. ‘희노애락’의 각 요소는 슬픔, 기쁨, 행복, 분노의 순서로 구성하였으며, 각 감정에 적용한 색상을 파티클¹²⁾의 움직임으로 제작하였다. 파티클은 컴퓨터 그래픽¹³⁾에서 작은 점이나 입자로 구성된 객체를 말한다. 많은 파티클이 모여 다양한 시각적 효과를 만들어낼 수 있는데 눈송이, 불꽃, 연기, 물방울 등 자연현상을 시뮬레이션하는 데 많이 사용된다. 우선 구체화된 파티클의 형태를 제작하기 위해 스피어(sphere) SOP¹⁴⁾ 오퍼레이터¹⁵⁾를 사용했다. 스피어 SOP은 터치디자이너(TouchDesigner)¹⁶⁾에서 구체를 생성하는 데 사용되는 오퍼레이터이다. 이를 통해 3D 공간에서 구체 모양의 객체를 만들고 조작할 수 있다. 스피어 SOP의 파라미터¹⁷⁾는 구체의 형태를 설정하는 Primitive type¹⁸⁾과 구체의 x,y,z 축을 중심으로 회전하는 동작을 설정할 수 있는 Rotate¹⁹⁾, 구체의 회전, 스케일²⁰⁾, 이동 등의 값이 변형될 때 기준이 되는 기준점을 결정하는 Anchors²¹⁾가 있다. [그림-7]은 터치디자이너에서 작동한 스피어 SOP 오퍼레이터이다.

12) 수 많은 작은 점이나 물체로 구성된 시스템.

13) 컴퓨터를 이용해 제작한 3차원 장면.

14) 터치디자이너에서 구체를 생성하는 데 사용되는 SOP 오퍼레이터.

15) 데이터나 미디어를 생성, 변형, 처리, 출력하는 기본 단위.

16) Derivative라는 회사에서 개발한 노드 기반 비주얼 프로그램.

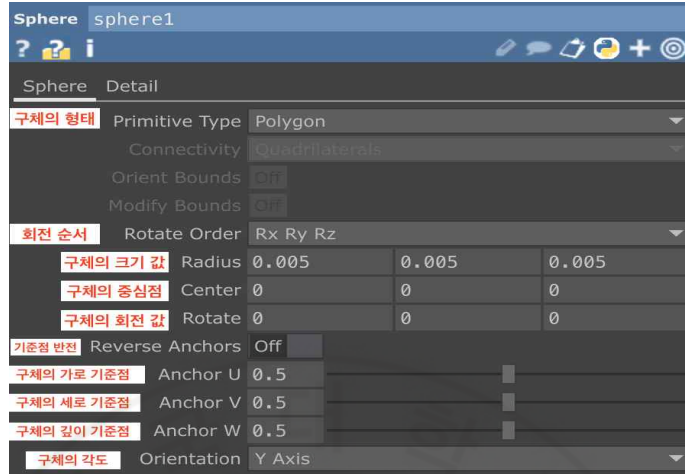
17) 오퍼레이터의 특성을 조정하는 설정 값.

18) 구체의 형태를 조절 할 수 있는 파라미터.

19) 객체를 회전시키는 파라미터.

20) 객체의 크기를 조절하는 파라미터.

21) 텍스처나 3D 모델에서 특정 위치를 조절할 수 있는 파라미터.



[그림-7] sphere SOP 오퍼레이터의 파라미터

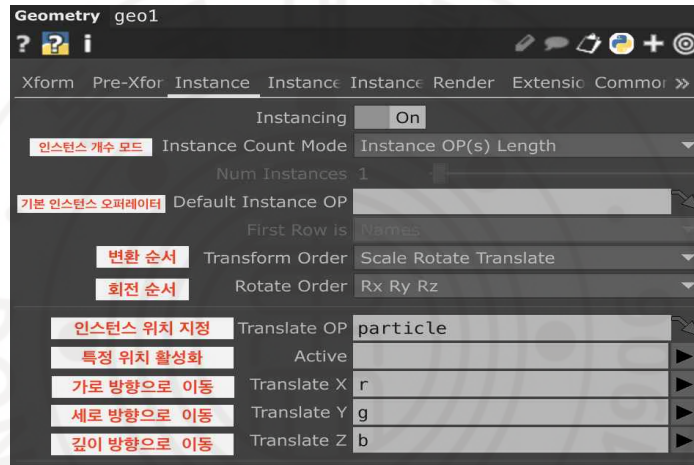
작품에서는 많은 양의 3D 구체를 사용하여 파티클을 제작하였다. 이 때, 각 구체의 크기는 컴퓨터 연산량과 관련되어 있기 때문에 Radius 값을 0.005의 크기로 작게 설정하여 구체의 크기를 줄였다. 이 때, 컴퓨터의 연산량 역시 줄어들어 영상 구현 안전성을 높였다.



[그림-8] 구체의 radius 값 설정 예시

22) 구체의 크기 값.

스피어 SOP으로 제작한 3D 구체를 파티클로 만들기 위해 가장 많이 사용되는 방법으로는 지오메트리(geometry) COMP²³⁾를 이용해 인스턴싱(instancing)²⁴⁾하는 것이다. 지오메트리는 3D 그래픽에서 객체의 형태와 구조를 렌더링²⁵⁾해주는 방식으로 지오메트리에 인스턴싱할 경우 동일한 객체를 여러 번 복제하여 렌더링 하는것이 가능하다. 이 역시 컴퓨터의 연산량을 줄일 수 있다.



[그림-9] 지오메트리 COMP 예시

터치디자이너에서 스피어SOP의 구체를 복제하여 렌더링하기 위해 노이즈(noise) Top²⁶⁾의 해상도(resolution)²⁷⁾값을 사용했다. 이때, 노이즈TOP의 해상도는 텍스처의 크기를 의미하며, 해상도가 높아질수록 더 많은 픽셀²⁸⁾을 포함하게 된다. 픽셀은 3D 공간에서 인스턴싱

23) 객체의 형상을 정의하고 조작하는 데 사용되는 오퍼레이터.

24) 객체의 변수를 의미하는 표현.

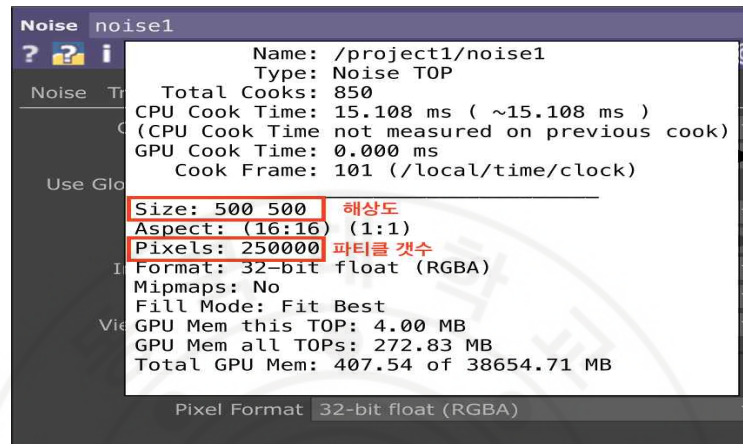
25) 컴퓨터 그래픽에서 3D 모델이나 장면을 실제 이미지나 애니메이션으로 변환하는 과정.

26) 터치디자이너에서 사용되는 텍스처 오퍼레이터.

27) 디지털 이미지나 디스플레이의 세부 사항을 나타내는 용어.

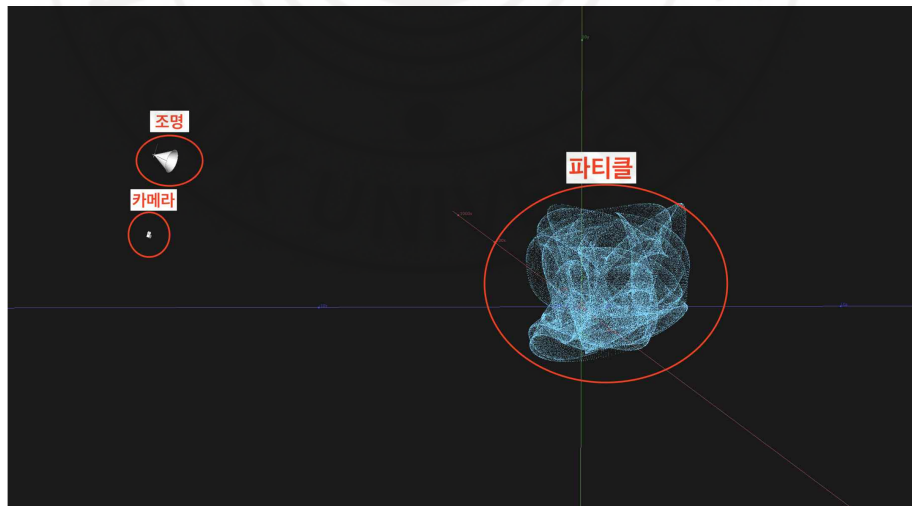
28) 디지털 이미지를 구성하는 가장 작은 단위.

객체의 위치, 색상, 크기등의 속성을 정의하는데 사용되기 때문에 파티클 시스템을 만들기에 용이하다.



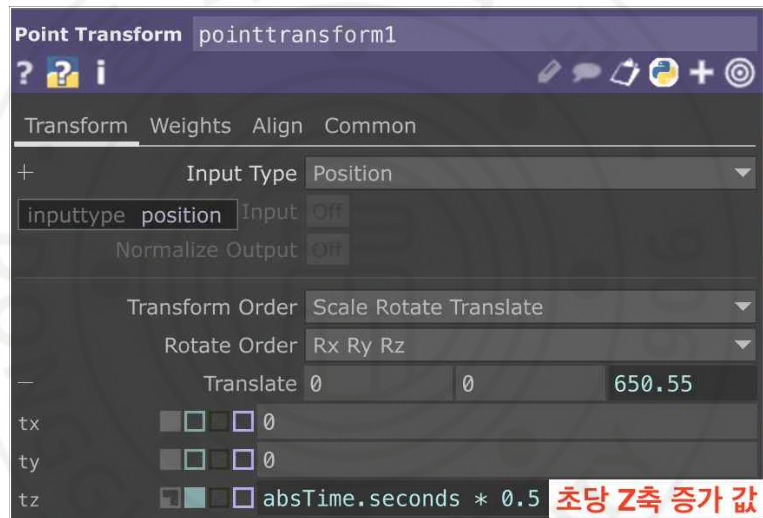
[그림-10] 해상도를 이용한 픽셀 갯수 변화 예시

[그림-11]는 인스턴싱된 파티클이 렌더링 된 모습을 보여주는 예시이다.



[그림-11] 지오메트리 COMP로 인스턴싱된 파티클의 모습

파티클의 전반적인 움직임은 포인트 트랜스폼(point transform) TO P29) 오퍼레이터를 사용하였다. 터치디자이너에서 사용 가능한 포인트 트랜스폼 오퍼레이터는 3D 공간 내의 위치, 회전, 크기 등을 변형하는 데 사용된다. 주로 지오메트리 SOP에 적용되어 특정 포인트의 속성을 개별적으로 조작하는데 용이하다. 본 작품에서는 포인트 트랜스폼의 translate³⁰⁾ 값 중 Z값의 위치를 absTime.seconds³¹⁾ 함수를 적용해 기본적인 움직임을 만들어내었다.



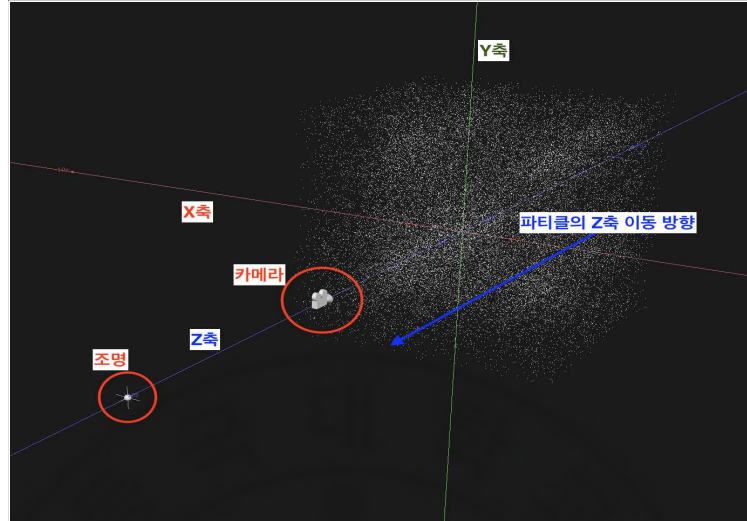
[그림-12] absTime.seconds 함수를 적용한 예시

이렇게 적용된 파티클의 움직임은 마치 매 초마다 파티클의 입자가 다가오는 듯한 표현이 가능하다.

29) 3D 공간 내의 위치, 회전, 크기 등을 변형하는데 사용되는 오퍼레이터.

30) 터치디자이너에서 객체나 이미지의 위치를 이동시키는 작업.

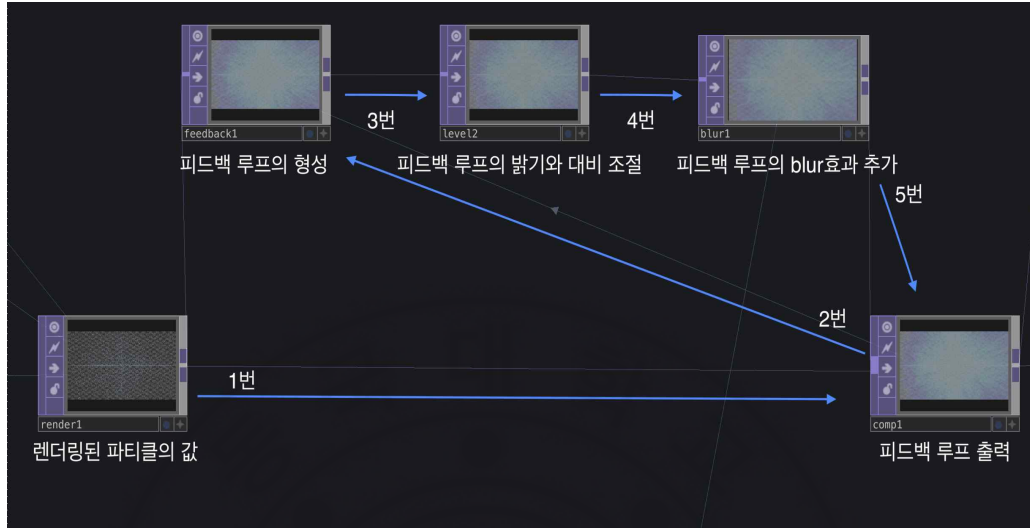
31) 터치디자이너에서 매 초마다 특정 단위 값을 증가시키는 함수.



[그림-13] 파티클의 z축 이동을 렌더링한 예시

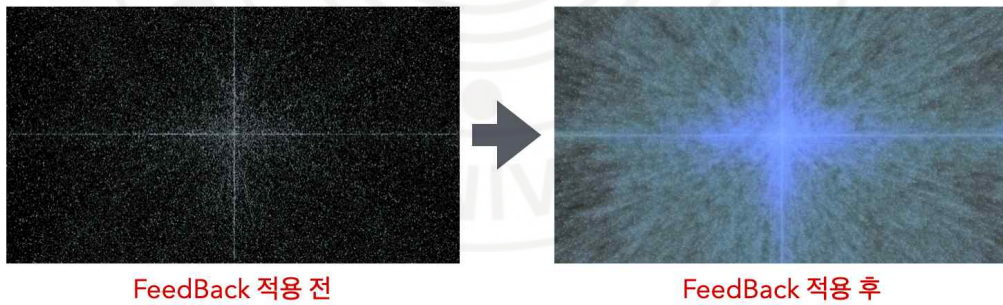
지오메트리에서 렌더링한 값에 추가적인 이미지 변환을 위해 피드백 (feedback) TOP³²⁾을 이용한 시스템을 구상했다. 피드백 TOP은 이전 프레임의 이미지를 현재 프레임에 재사용하여 지속적이고 점진적인 이미지의 변형을 줄 수 있도록 하는 오퍼레이터이다. 이는 객체가 지나간 자리에 잔상이 남는 듯한 효과를 남겨 파티클 비주얼에서 좀 더 다채로운 표현이 가능하다. 기본적인 구성은 파티클의 값을 컴프 (comp) TOP³³⁾으로 보낸 후 다시 피드백 TOP으로 연결하여 기본 렌더 (render) TOP³⁴⁾ 데이터와 피드백을 거친 데이터 값이 같이 적용된다. 또한 피드백 루프에는 앞선 잔상 효과에 이미지를 부드럽게 연출하는 blur TOP³⁵⁾을 추가적으로 사용하여 출력하였다. [그림-14]은 피드백 시스템을 보여주는 예시이다.

-
- 32) 이미지나 비디오의 반복 효과를 생성하는데 사용되는 텍스처 오퍼레이터.
 - 33) 여러 이미지나 텍스처를 결합하여 하나의 이미지로 만드는 데 사용되는 오퍼레이터.
 - 34) 3D 장면을 렌더링하여 2D 이미지로 출력하는 오퍼레이터.
 - 35) 이미지를 흐리거나 부드럽게 처리하는 데 사용되는 오퍼레이터.



[그림-14] 터치디자이너에서 파티클에 적용한 피드백 시스템 예시

위와 같이 피드백 시스템을 적용한 파티클의 비주얼은 다음과 같다.



[그림-15] 피드백을 적용한 비주얼 예시

2. 사운드 디자인 연구

1) 사운드 디자인

본 연구에서 다루고 있는 음악의 사운드 제작 방법으로 신디사이저(synthesizer)를 사용하였다. 신디사이저는 전자적인 신호를 오디오 신호로 변환 하여 다양한 음색을 만들어내는 악기이며, 소리의 제어는 오실레이터(oscillator)³⁶⁾, 필터(filter)³⁷⁾, 앰프(amplifier)³⁸⁾의 기본 회로 구성과 모듈레이션(modulation)³⁹⁾으로 구성된다. 작품에서는 신디사이저 소스를 녹음한 후 Max⁴⁰⁾로 제작한 사운드 프로세싱을 적용하여 각각의 감정표현을 사운드로 재현하였다. 다음은 작품에 사용된 각각의 신디사이저에 대한 설명이다.

① wavetable synthesis

wavetable synthesis는 사전에 샘플(sample)⁴¹⁾된 다양한 파형 데이터를 사용하여 합성하는 소리합성 방식이다. 파형 데이터를 디지털 방식으로 저장하고 반복 재생함으로써 다양한 음색을 만들어낸다. meld⁴²⁾는 Ableton Live⁴³⁾ 12에 도입된 두 개의 오실레이터를 가진 wavetable synthesizer이다. meld의 특징으로는 독립적으로 작동하며

36) 전기적 신호를 발생하는 발진기.

37) 생성된 오디오 신호의 특정 주파수 범위를 제거하거나 강조하여 소리를 조정하는데 사용할 수 있는 장치.

38) 오디오 신호의 진폭(amplitude)을 조절하여 소리의 크기를 변화시키는 장치.

39) 소리의 특정 요소를 시간에 따라 변화시킬 수 있는 장치.

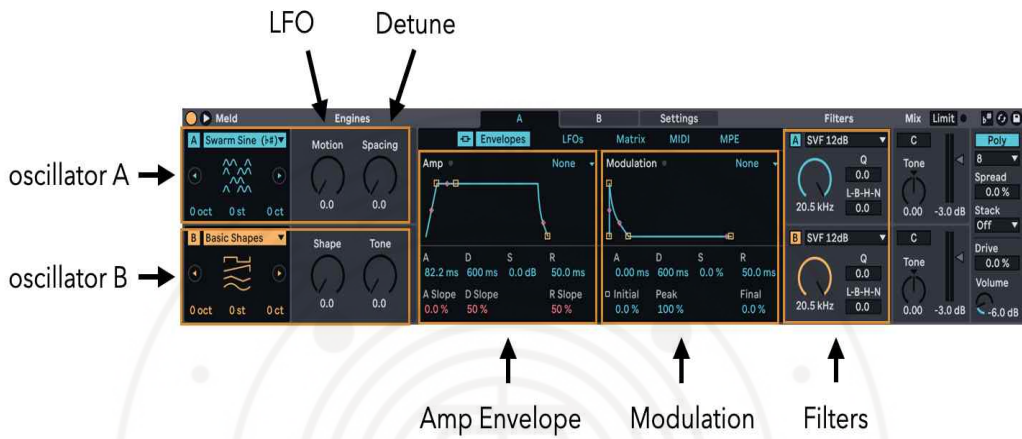
40) Cycling '74에서 개발한 비주얼 프로그래밍 언어 및 개발 환경.

41) 소리의 특정 구간을 디지털 형태로 저장한 데이터.

42) <https://www.ableton.com/en/blog/meld-a-look-at-live-12s-new-bi-timbra>

43) Ableton에서 제작한 디지털 오디오 워크스테이션.

앞선 wavetable의 특징과 더불어 풍부하고 독특한 텍스처와 톤을 제공하는 신디사이저이다. 다양한 파형을 사용하고 개성있는 소리를 생성할 수 있다.



[그림-16] Ableton Live에 내장된 wavetable synthesis 가상악기 meld

② physical modeling synthesis

physical modeling synthesis⁴⁴⁾는 실제 악기가 가진 소리 생성 과정의 물리적 특성을 수학적 모델로 모사하여 시뮬레이션 하는 소리 합성 방식이다. 따라서 실제 악기와 매우 유사한 소리를 구현할 수 있는 특징을 가지고 있다. 대표적인 physical modeling synthesis의 악기로 Yamaha⁴⁵⁾의 VL1을 들 수 있다.



[그림 -17] Yamaha의 physical modeling synthesizer인 VL1

본 작품에서 사용한 physical modeling 방식의 synthesizer는 Ableton Live의 inspired by nature⁴⁶⁾에 포함된 Tree Tone⁴⁷⁾이라는 신디사이저이다. 식물의 프랙탈 패턴⁴⁸⁾에 영감을 받아 제작된 이 악기는 식물의 가지 패턴을 모방한 파형을 생성하며, 식물의 각 가지는 고유의 주파수, 감쇠, 진폭 값을 가지며, 다양한 소리를 만들어낸다.

44) https://en.wikipedia.org/wiki/Physical_modelling_synthesis

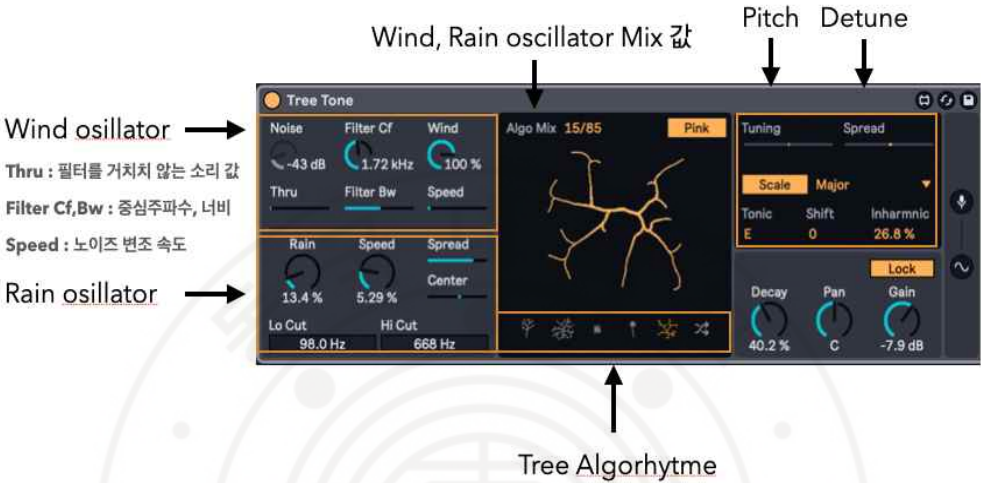
45) 악기, 오디오, 음향기기, 반도체 등을 만드는 일본의 음향 기업.

46) Ableton 에서 제공하는 physical modeling synthesizer

47) <https://topmusicarts.com/blogs/news/sound-design-with-inspired-by-nature-tree-tone>

48) 자연에서 발견되는 구조. 작은 부분이 전체와 비슷한 형태를 가지는 자기 유사성 (Self-similarity)의 특징이 존재.

또한 빗소리, 바람 소리 등의 노이즈 생성기를 사용한 ambient sound⁴⁹⁾를 만들어낸다.



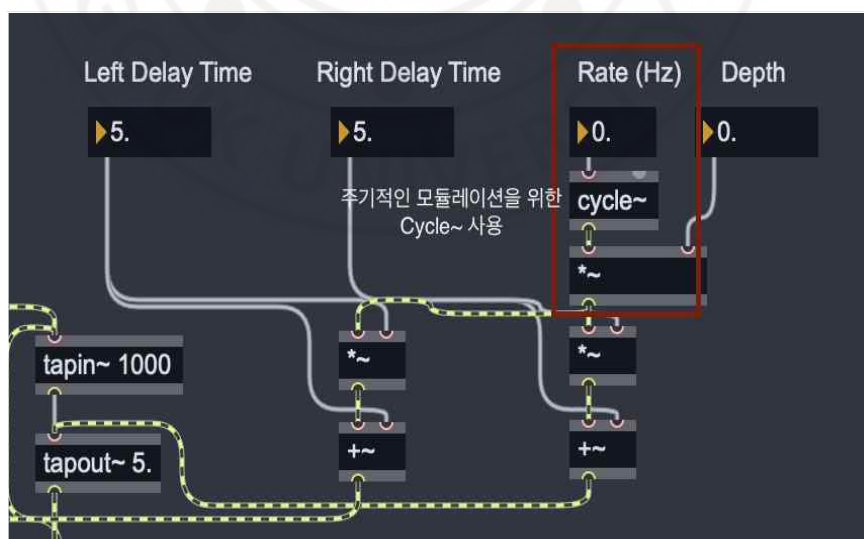
[그림-18] Ableton Live에서 구현한 Tree Tone의 예시

49) 배경음이나 환경음을 의미.

2) 사운드 프로세싱 연구

① flanger 효과

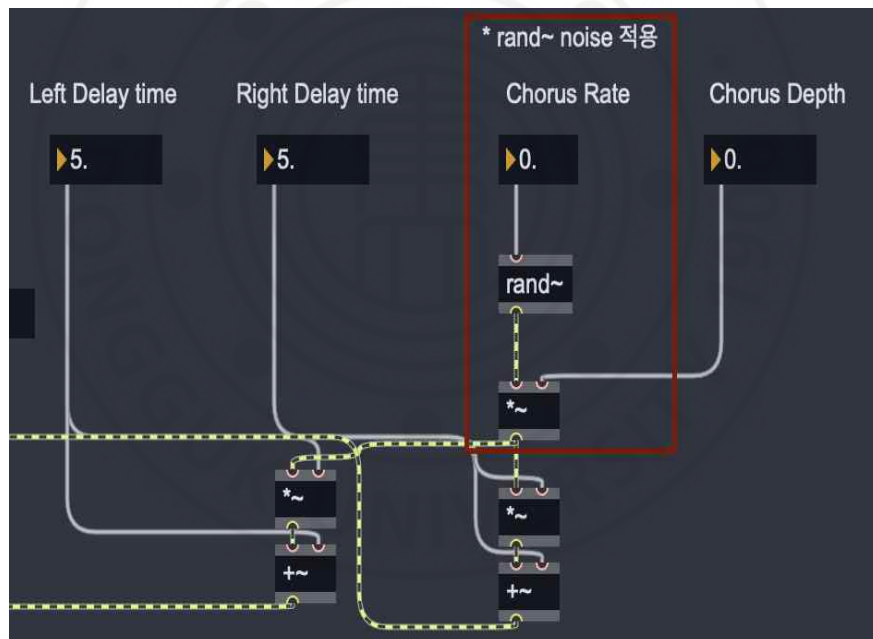
flanger는 doppler 효과를 이용한 신호 지연 이펙터이다. 예를 들어 구급차나 경찰차가 지나갈 때, 사이렌 소리가 점점 가까워지면 그에 따라 음정이 점점 높아지고, 사이렌 소리가 멀어지게 된다면 음정이 점차 낮아지는 것을 들을 수 있다. 이는 어떠한 소리와 청취자 위치가 실시간 변화함에 따라 주파수와 파장이 다르게 들리는 것을 의미하며, 소리의 주기적인 시간차는 음정의 변화를 야기한다는 것을 알 수 있다. [그림-19]는 flanger 음향효과를 Max에서 구현한 패치이다. cycle~ 오브젝트를 통해 주기적으로 움직이는 파형의 수치를 각각의 delay time에 곱하고 더해주어 tapout~ 오브젝트에 입력을 시킨다. 그 결과 원래의 소리와 아주 짧게 지연된 소리가 합쳐져서 음정이 주기적으로 변하게 된다.



[그림-19] flanger 음향효과를 구현한 Max 패치

② chorus

chorus 음향효과는 delay 음향효과를 응용한 방식으로 여러 사운드가 동시에 재생 되었을때 pitch나 위상이 미세하게 변화되어 나타나는 효과이다. 입력된 오디오 신호를 여러 개로 나누어 약간의 시간차를 적용하여 원래 신호와 합성하는 방식으로 구현된다. delay time에 rand~ 오브젝트⁵⁰⁾를 이용하여 생성한 noise를 모듈레이션에 적용하여 chorus 효과를 구현하였다.

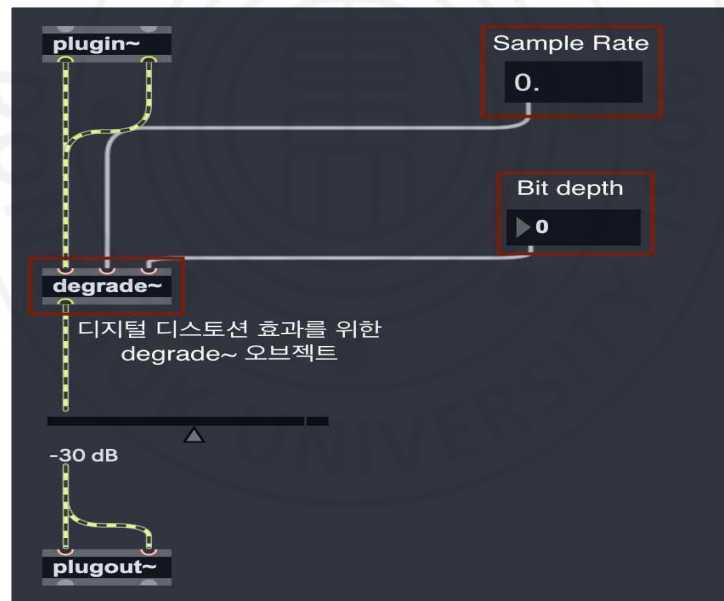


[그림-20] chorus 음향효과를 구현한 Max 패치

50) Max에서 랜덤한 noise 값을 생성하는 오브젝트.

③ bitcrusher

bitcrusher는 음향 효과 중 하나로, 디지털 오디오 신호의 해상도를 줄이는 디지털 디스토션 효과⁵¹⁾를 말한다. 음의 해상도와 샘플링 속도를 줄이는 것을 통해 오디오 신호 음질이 저하되고, 왜곡된 사운드를 구현할 수 있다. 이를 통해 강렬하고 거친 텍스처의 사운드를 표현할 수 있다. 본 작품에서는 분노의 거친 감정을 사운드로 표현하기 위해 사용하였다. Max에서는 degrade~ 오브젝트⁵²⁾를 사용하여 구현이 가능하다.



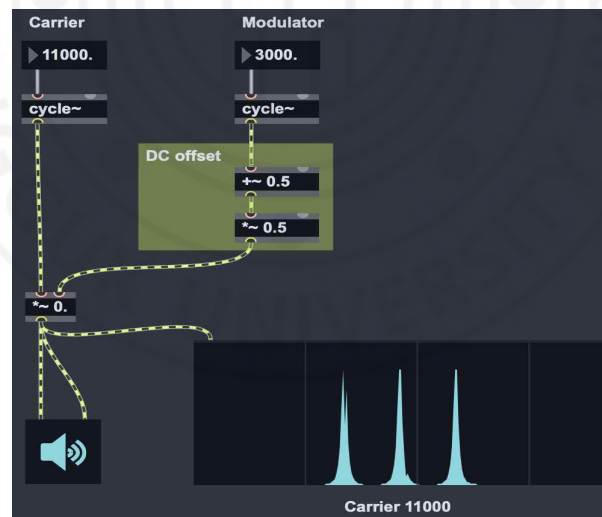
[그림-21] bitcrusher 를 구현한 Max 패치

51) 입력 신호의 왜곡을 통해 특유의 거친 음색을 만들어내는 오디오 처리기법으로, 아날로그 디스토션과 달리, 디지털 신호 처리의 한계 내에서 신호를 클리핑(clipping)하거나 수정하여 왜곡을 발생.

52) 디지털 디스토션 효과를 구현하기 위한 Max 오브젝트.

④ amplitude modulation(AM)

amplitude modulation(AM)은 캐리어 오실레이터(carrier oscillator)⁵³⁾에 변조를 가해주는 모듈레이터(modulator)⁵⁴⁾를 이용해 배음을 얻는 효과이다. 캐리어 신호는 고정 주파수를 가진 파형을 생성하며, 모듈레이터 신호는 -1 부터 $+1$ 의 범위를 가진다. 이를 앰프 값으로 적용시키기 위해 DC 오프셋⁵⁵⁾을 사용하여 모듈레이터 신호를 0에서 1의 값으로 변환한다. DC 오프셋을 적용하는 이유는 모듈레이터의 음수 값을 제거하여 신호 왜곡을 방지하고, 캐리어 신호의 진폭 변조가 양수 값으로 안정적으로 진행될 수 있도록 하기 위함이다. 이렇게 변환된 모듈레이터 신호는 캐리어 주파수의 앰프 값에 더해져 변조를 일으킨다.



[그림-22] amplitude modulation을 구현한 Max 패치

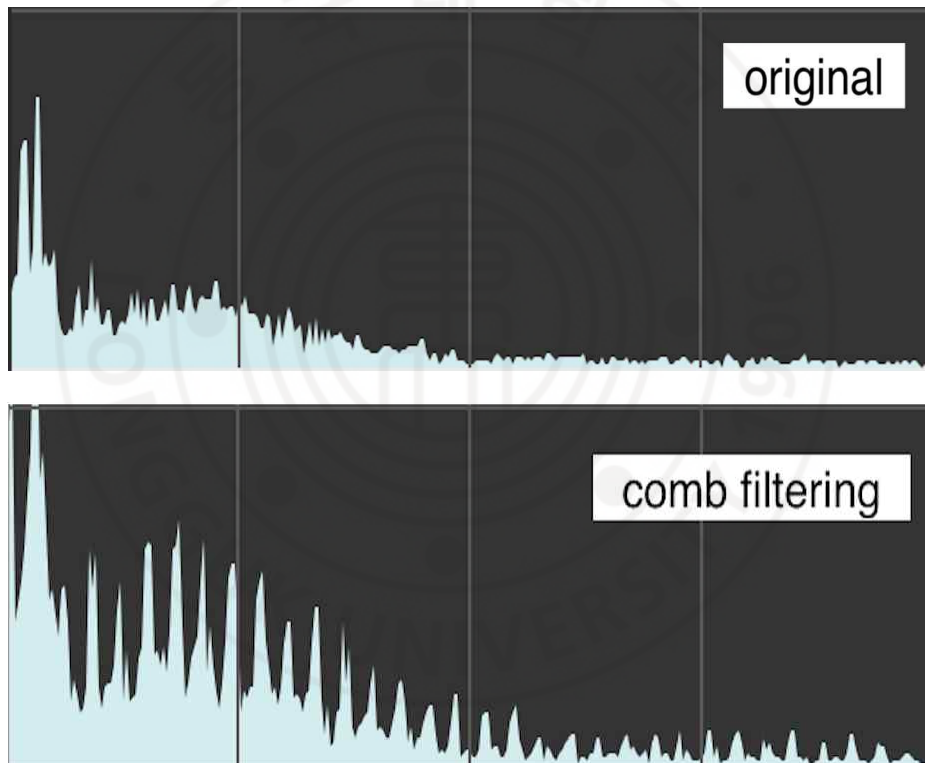
53) 고정 주파수를 가진 기본 신호를 생성하는 오실레이터.

54) 진폭, 주파수, 위상 등을 변조하는 변조 장치.

55) 신호의 기준값을 이동시키는 역할을 하는 장치.

⑤ comb-filter

comb-filter 효과는 직접음과 반사음이 매우 짧은 시간차로 겹쳐질 때 발생하는 현상이다. 이 과정에서 특정 주파수들은 상쇄되고 다른 주파수는 증가하며, 이는 파형이 시간차를 두고 두 개의 신호로 합성될 때 일어난다. [그림-23]은 합성음의 original 사운드와 comb-filtering을 했을 때, 발생하는 파형의 모습이다.



[그림-23] 합성음의 original과 comb-filtering을 거친 파형

위의 그림과 같이 comb-filtering을 거친 파형의 모양이 빗살 모양처럼 보이기 때문에 comb-filter라고 불리게 되었다. 이 현상은 두 개 이상의 마이크를 설치했을 때 발생하는 거리 차이로 인한 시간차

로 발생하며, 이로 인해 음색의 왜곡이 일어난다. 마치 금속성 물질처럼 날카로운 소리가 나는 것이 소리의 특징이다. 하지만, 직접음과 반사음의 소리 차이가 1ms~ 25ms 사이 정도로 매우 짧기 때문에 두 소리가 별개의 것이 아닌 하나로 인식되어 각각의 소리의 시차를 구분할 수 있는 delay 효과와는 차이가 있다. 또한, 지연 시간이 일정하다는 점에서 flanger 효과와도 차이가 존재한다.



[그림-24] comb filter & rm 패치

pfft~ xover~⁵⁶⁾ 오브젝트를 이용해 center frequency를 기준으로 낮은 주파수는 ring modulation⁵⁷⁾ 효과를 거치고, 높은 주파수는 바로 comb-filter 효과로 연결되도록 하는 패치를 제작하였다.

56) Max에서 중심 주파수를 기준으로 오디오 신호를 두 개의 주파수 대역으로 분할하여 각 대역을 개별적 처리할 수 있게 해주는 오브젝트.

57) 캐리어 주파수와 변조 주파수 두 개의 신호를 곱하여 새로운 주파수를 생성하는 방식의 사운드 프로세싱 기법.



[그림-25] pfft~ xover로 주파수를 분리한 패치

3. 모션 트래킹 기술 연구

본 논문에서 다루고 있는 멀티미디어 작품 <Emote>는 인간의 감정을 표현한 무용수의 움직임에 맞춰 제작한 음악이 사운드 프로세싱과 함께 표현 되도록 제작하였다. 사운드 프로세싱은 Max에서 제작되어 각 음향 효과별로 컨트롤러와 Azure Kinect DK⁵⁸⁾에서 들어온 무용수의 움직임에 매핑하여 사용하였다.

1) 센서를 활용한 모션트래킹

모션 트래킹 센서는 Inside-in과 Inside-out, Outside-in, Computer Vision으로 크게 4가지로 분류된다. <표-6>은 분류에 따른 센서의 방식과 특징 및 예시를 나타내고 있다.

<표-6> 트래킹 센서의 분류

트래킹 방식	설명	예시
Inside-in	센서가 객체 내부에 설치되고, 내부 움직임을 추적	팔의 구부림 정도
Inside-out	디바이스에 내장된 센서와 카메라가 외부 환경을 인식하고 트래킹	위치 좌표
Outside-in	외부에 설치된 센서나 카메라가 디바이스를 추적	Color, skeleton tracking
Computer Vision	카메라와 알고리즘을 사용해 이미지를 분석, 객체의 위치와 움직임 인식	얼굴인식, 객체인식, 제스처 인식

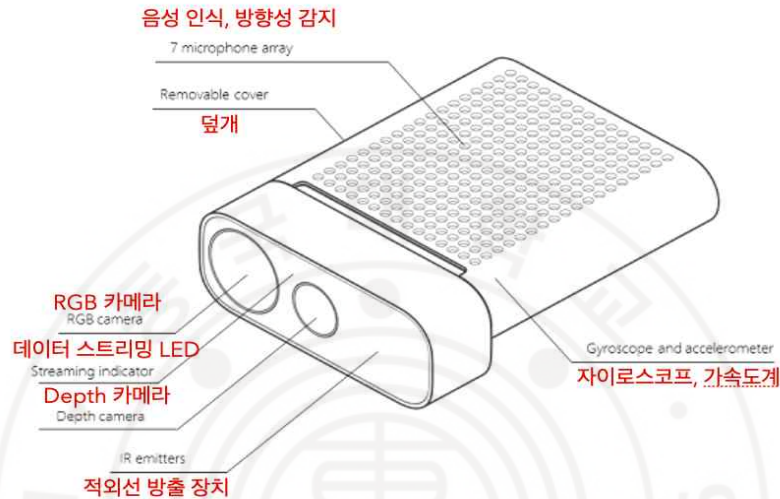
58) 마이크로소프트에서 개발한 모션 트래킹 카메라.

Inside-Out 트래킹은 디바이스에 내장된 센서와 카메라를 이용해 외부 환경을 인식하고 트래킹하는 방식이다. 예를 들어, AR⁵⁹⁾ 안경이나 VR⁶⁰⁾ 헤드셋이 이러한 방식을 사용한다. 디바이스가 사용자의 주변 환경을 스캔하고, 이를 바탕으로 사용자의 움직임을 추적한다. 이 방식은 외부에 추가적인 센서를 설치할 필요가 없기 때문에 휴대성과 편리성이 높다. Outside-In 트래킹은 외부에 설치된 센서나 카메라가 디바이스를 추적하는 방식이다. 보통 여러 개의 카메라가 디바이스의 위치를 다양한 각도에서 감지하여 정확한 위치 추적을 가능하게 한다. VR 체험을 위해 외부 카메라들이 설치된 시스템이 대표적인 예이다. 이 방식은 매우 정확하지만, 고정된 환경에서만 사용이 가능하다는 단점이 있다. Inside-In 트래킹은 센서가 객체 내부에 설치되어 내부 움직임을 추적하는 방식이다. 예를 들어, 로봇 관절의 내부 움직임을 추적하기 위해 센서가 로봇 내부에 설치될 수 있다. 이 방식은 내부 움직임을 매우 정밀하게 측정할 수 있지만, 외부 환경에 대한 인식은 제한적이다. 컴퓨터 비전은 카메라와 알고리즘을 사용해 이미지를 분석하고 객체의 위치와 움직임을 인식하는 기술이다. 얼굴 인식, 객체 인식, 제스처 인식 등 다양한 분야에 사용된다. 예를 들어, 스마트폰의 얼굴 인식 기능이나 자동 주행 차량의 객체 인식 시스템이 이 기술을 활용한다. 컴퓨터 비전은 매우 유연하고 다양한 응용 가능성을 가지고 있지만, 조명 조건이나 복잡한 배경 등 환경적 변수에 영향을 받을 수 있다. 본 연구에서는 무용수의 움직임을 가장 안정적으로 트래킹 할 수 있는 Outside-in 트래킹 방식인 Azure Kinect DK를 사용했다. Azure Kinect DK는 Window 10 기반의 환경에서 사용 가능하다. [그림-26]⁶¹⁾은 Azure Kinect DK

59) Augmented Reality의 약자. 현실 세계의 환경에 디지털 정보를 겹쳐서 보여주는 기술.

60) Virtual Reality의 약자. 사용자에게 실제와 같은 3차원 환경을 제공하는 기술.

의 구성도이다.



[그림-26] Azure Kinect DK의 구성도

Azure Kinect DK는 RGB camera⁶²⁾, depth camera⁶³⁾ 및 IR emitters⁶⁴⁾로 구성 된다. 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 사

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

62) 빨강, 초록, 파랑 세 가지 색상을 이용해 이미지를 캡처하는 카메라.

63) 장면의 거리 정보를 캡처하여 3차원 이미지를 생성하는 카메라. 객체와 카메라 사이의 거리를 측정해 깊이 정보를 얻는데 사용.

64) 적외선 방출 장치. 적외선 카메라, 리모컨, 근접 센서 등 다양한 응용 분야에서 사용.

용하여 검출된 사용자의 정보를 통해 제공하는 player index⁶⁵⁾ 및 사용자의 관절을 통해 위치 정보를 제공하는 skeleton tracking⁶⁶⁾을 제공한다.



65) 여러 플레이어가 참여하는 멀티플레이어 환경에서 각 플레이어를 식별하기 위해 사용되는 기술.

66) 사람의 움직임을 감지하고 추적하는 기술. 신체의 주요 관절 위치를 식별하고 이를 3D모델로 표현.

2) 무용수의 움직임 분석

터치디자이너를 활용하여 Azure Kinect DK를 통해 입력받은 무용수의 skeleton tracking 동작 데이터 중 hand 위치 데이터 값을 사용했다. kinect azure CHOP⁶⁷⁾을 사용하여 skeleton tracking으로 들어오는 위치 정보 값을 전달 받아 select CHOP⁶⁸⁾을 사용하여 왼손, 오른손 좌표 값을 따로 추출하여 양 손의 x, y, z 값의 좌표를 개별 적으로 사용 할 수 있도록 적용하였다.

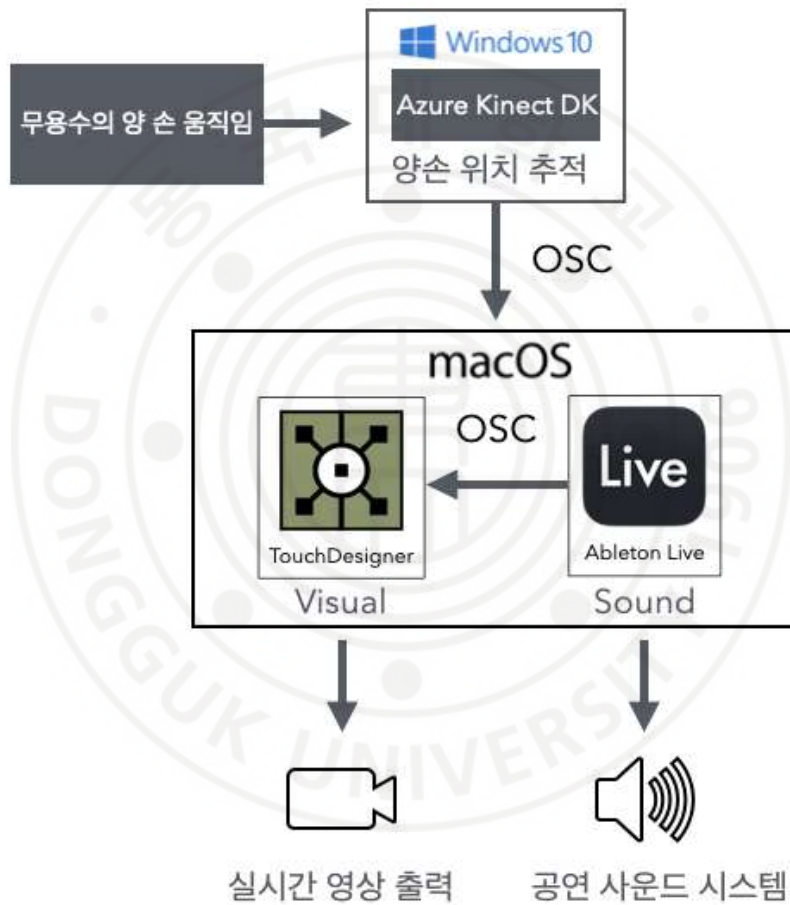


[그림-27] 터치디자이너에서 hand 값을 추출하는 패치

67) Azure Kinect DK로부터 정보를 받을 수 있는 오퍼레이터.

68) 여러 값들의 정보 중 선택한 값을 지정할 수 있는 오퍼레이터.

그 후 math CHOP⁶⁹⁾ 오브젝트를 사용하여 무용수의 손 움직임 값의 범위를 조정하고, merge CHOP⁷⁰⁾을 이용하여 데이터 값을 하나로 묶은 후 macOS PC로 연동되는 OSC로 전송하였다. [그림-28]은 작품에서 구현한 OSC 시스템 설계도이다.



[그림-28] 공연 OSC 시스템 설계도

69) 연산을 할 수 있도록 해주는 오퍼레이터.

70) 여러 값들의 정보를 하나로 묶을 수 있도록 해주는 오퍼레이터.

4. 실시간 인터랙션 시스템 연구

1) 영상 인터랙션 시스템

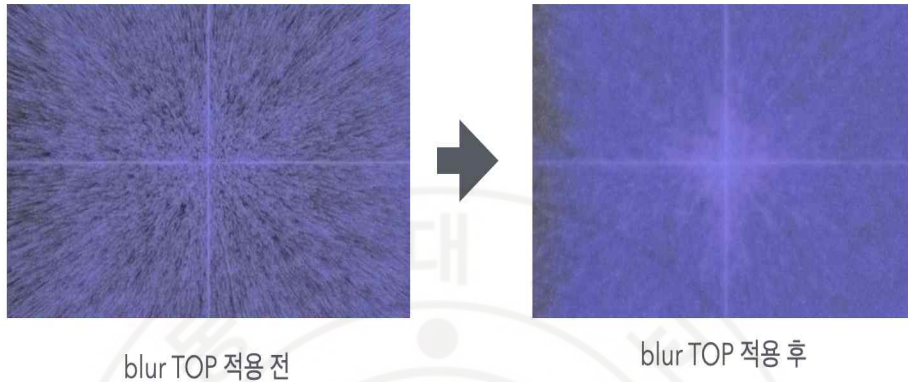
본 작품에서는 Azure Kinect DK를 통해 입력받은 무용수의 손 위치 데이터를 적용하여 라반의 움직임 요소를 바탕으로 제작된 동작의 감정에 상응하는 비주얼 효과가 표현되도록 인터랙션을 구현하였다. 슬픔의 감정을 표현하기 위해 무용수는 좁은 반경에서 몸을 구부리고 주저앉아 손으로 땅을 휘저으며 외로움과 고독함을 나타낸다. 이때 눈앞이 뿌옇게 변하는 듯한 비주얼 효과를 통해, 사람이 슬플 때 눈물로 인해 눈앞이 흐려지는 느낌을 주고자 하였다. 이에 대응하는 인터랙션으로, 손의 x축 데이터 값이 변화할때마다 blur TOP 오퍼레이터의 filter size⁷¹⁾가 변화되도록 설정하여 흐려지는 효과를 구현하였다.



[그림-29] X축 데이터 값 추출 적용 예시

71) blur 효과의 크기를 결정하는 파라미터

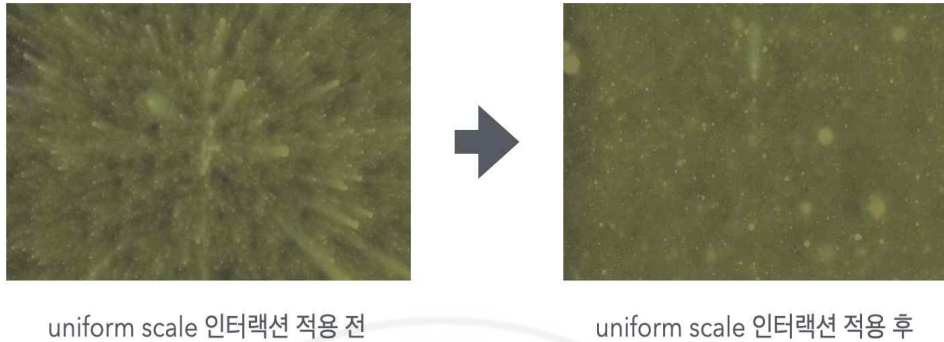
[그림-30]은 blur TOP 오퍼레이터를 적용한 후 손의 x축 데이터 값에 따라 인터랙션된 비주얼 장면을 나타낸다.



● [그림-30] blur TOP 인터랙션 적용 전 후

기쁨의 감정을 표현하기 위해, 무용수는 유연하게 팔을 휘두르며 가볍고 경쾌하게 춤을 추는 동작을 나타낸다. 이때 사람이 기쁠 때 느끼는 행복하고 설레는 마음을 표현하기 위하여, 파티클 인터랙션이 여기저기 분산되고 퍼지며 통통 튀는 모습을 구현하고자 하였다. 이에 대응하는 인터랙션으로, 손의 y축 데이터 값이 변화할 때마다 포인트 트랜스폼 TOP 오퍼레이터의 uniform Scale⁷²⁾ 값이 변경되도록 설정하였다.

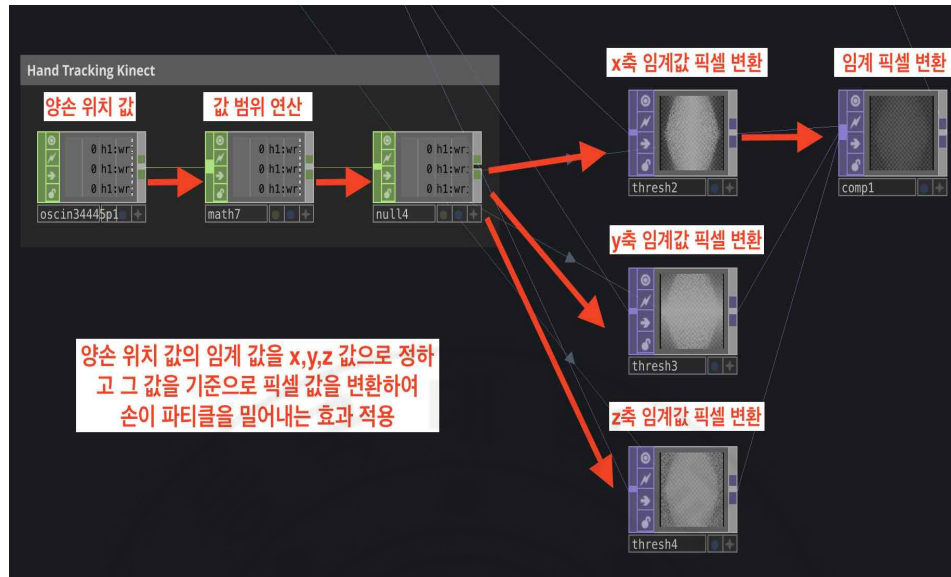
72) 포인트의 스케일을 균일하게 조절하는 기능.



[그림-31] uniform scale 인터랙션 적용 전 후

행복의 감정을 표현하기 위해 인터랙션 파트를 제작하였다. 무용수는 가볍고 경쾌하게 팔을 움직이며, 파티클이 무용수의 양손 움직임에 맞춰 인터랙션 되도록 설정하였다. 이는 작품에서 행복이 내 손에 항상 따라온다는 의미를 담고 있다. 양손의 위치 값을 데이터로 파티클이 움직이는 인터랙션을 진행하기 만들기 위해 thresh TOP⁷³⁾ 오퍼레이터를 사용하였다. thresh TOP은 임계값에 따라 픽셀을 흑백 이미지로 변환하며, 이 흑백 이미지의 범위 내에서 파티클이 움직이도록 설정 하는데 용이하다. 행복 인터랙션 파트에서는 양손 위치의 임계 값을 x, y, z 축으로 나눠 지정하였다. [그림-32]는 양손 위치 값을 임계값에서 픽셀 값으로 변화시키는 시스템을 나타낸다.

73) 입력된 이미지의 픽셀 값을 기준으로 임계값을 설정하는 오퍼레이터



[그림-32] 양손 위치의 값을 임계 값에서 픽셀로 변환한 시스템

공연 중 원활한 장면 전환을 위해 switch TOP⁷⁴⁾을 사용하였다. switch TOP은 두 가지 혹은 여러 가지 장면을 원활히 전환하기 위해 사용되는 오퍼레이터이다. 전환 값에 따라 장면이 전환되는데, 작품에서는 전환 값이 1일때 행복을 표현한 인터랙션 화면으로 전환하고, 0일 경우 나머지 장면을 송출하도록 설정하였다. [그림-33]은 switch TOP을 이용해 장면을 전환하는 시스템의 일부이다.

74) 여러 입력을 TOP을 하나의 출력으로 전환하는 오퍼레이터.



[그림-33] switch TOP을 이용한 장면 전환

장면 전환을 위한 신호는 OSC MIDI Send⁷⁵⁾라는 Max 패치를 통해 적용하였다. OSC MIDI Send는 Ableton Live에서 기본으로 제공되는 Max 패치이다. 미디 노트 값이 입력되면 그 신호에 맞춰 OSC 신호를 전송하는 방식으로, 공연 중 감정의 장면 전환을 정확한 순서에 맞춰 진행하기 위해 사용하였다. 터치디자이너 OSCin CHOP⁷⁶⁾을 통해 데이터 값을 전송 받을 수 있으며, HOST IP⁷⁷⁾와 PORT 값을 입력하여 OSC 송수신이 가능하다. 전달 받은 OSC 신호 값을 사용하여 switch TOP에 0-1 값의 장면 전환 신호를 전달해야 한다. 이를 위해 logic CHOP⁷⁸⁾을 사용하였다. logic CHOP은 다양한 논리 연산을 수행하는 오퍼레이터로, 여러 입력 채널을 받아들여 논리적으로 조합하여 새로운 출력을 생성한다. 이를 통해 [그림-34]에서 보이듯, OSC MIDI Send에서 MIDI 데이터 값이 전달될 때 0 혹은 1의 신호로

75) Ableton live에서 사용 가능한 MIDI 신호를 OSC신호로 전송하는 Max 패치.

76) OSC를 전송 받기 위한 CHOP 오퍼레이터.

77) 네트워크에 연결된 장치.

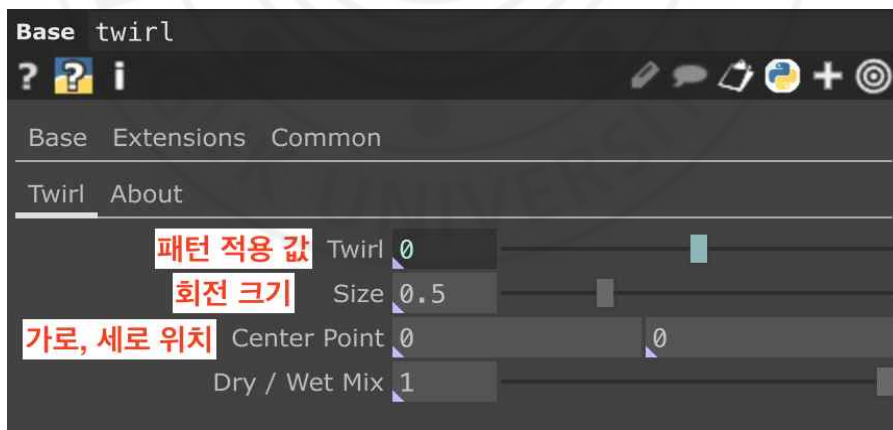
78) 논리 연산을 수행하는 CHOP 오퍼레이터.

장면을 전환하는 시스템을 만들 수 있다.



[그림-34] OSC 신호를 0-1 신호로 전환하기 위한 시스템

분노의 감정을 표현하기 위해, 무용수는 힘을 주어 강하게 발차기를 하고 팔을 뻗어 휘두르는 등의 인간이 분노를 표출하는 동작을 수행하였다. 이때, 분노로 인해 감정을 주체하지 못하고 소용돌이치는 인간의 감정을 구현하고자 하였다. 이에 대응하는 인터랙션으로, 손의 y축 데이터 값이 변화할 때마다 twirl COMP⁷⁹⁾ 오퍼레이터의 twirl⁸⁰⁾ 값이 변경되도록 설정하였다.

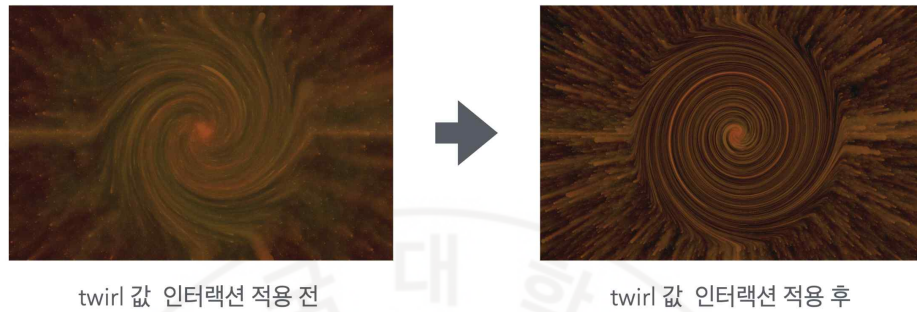


[그림-35] twirl COMP의 예시

79) 이미지를 소용돌이 패턴으로 바꿔주는 오퍼레이터.

80) 회전량과 방향을 조정하는 파라미터.

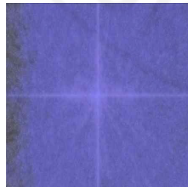
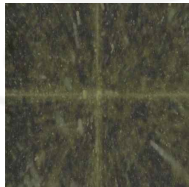
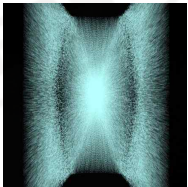

[그림-36]는 twirl COMP로 비주얼 효과를 적용한 장면이다.



[그림-36] twirl 값 인터랙션 적용 전 후

이렇듯 감정에 맞는 영상 인터랙션을 시스템에 적용하여, 무용수의 동작에서 표현된 감정과 상응하는 비주얼을 제작하였다.

[표-7] 영상 인터랙션 시스템

감정	슬픔	기쁨	행복	분노
비주얼				
색상	파란색 계열	노란색 계열	청록색 계열	빨간색 계열

2) 사운드 인터랙션 시스템

Azure Kinect에서 OSC로 전송한 터치디자이너와 Ableton Live를 실시간으로 연동하여 변화를 줄 때, Ableton Live에서 특정한 정보를 송출해야 한다. 이를 위해, Ableton Live에서 기본으로 제공되는 Max 패치 중 하나인 OSC Send⁸¹⁾ 패치는 OSC 통신을 간단하게 구현할 수 있는 기능을 제공한다.

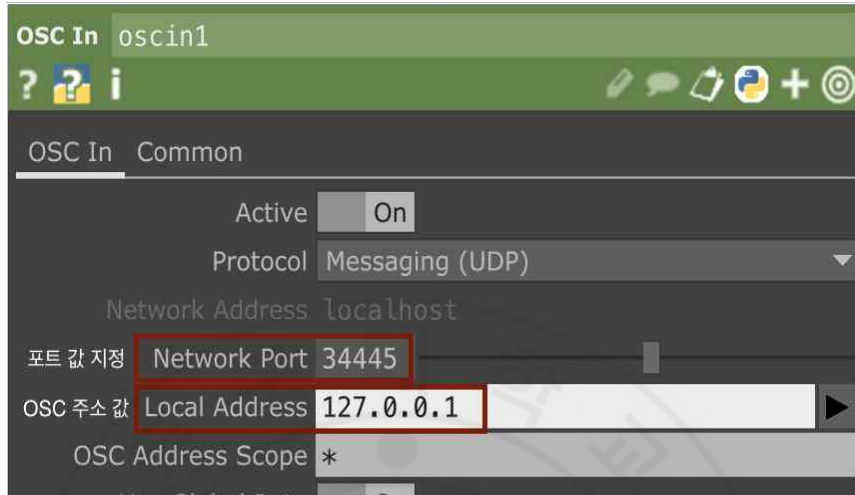


[그림-37] OSC Send 패치

Ableton Live에서 터치디자이너로 OSC를 보낼때 [그림-37] 좌측 상단에 있는 호스트(Host)⁸²⁾ IP 주소와 Port를 지정한다. 이를 통해 터치디자이너로 데이터를 보낼 수 있다. 한 컴퓨터에서 두 가지 프로그램을 OSC로 연동하려면 호스트 주소로 127.0.0.1 주소를 입력하면 로컬 호스트로 쉽게 통신이 가능하다. [그림-38]과 같이 OSC In CHOP⁸³⁾을 이용하여 Ableton Live에서 보낸 신호를 받을 수 있다.

81) Ableton Live에서 기본으로 제공하는 OSC 통신 Max 패치.

82) 네트워크에 연결된 장치.



[그림-38] Local HOST와 임의로 지정한 Network Port

또한 OSC Send의 Parameter버튼을 누르면 Ableton Live의 Audio Effect Rack⁸⁴⁾과 간단하게 연동할 수 있다. [그림-39]은 OSC Send에서 나오는 데이터 값을 추출하여 사운드와 비주얼의 인터랙션을 연동하기 위해 만들어진 시스템이다 select CHOP⁸⁵⁾을 통해 특정 데이터 값을 추출한 후, lag CHOP⁸⁶⁾을 사용해 적용 값이 부드럽게 진행되도록 설정하였다. math CHOP⁸⁷⁾을 이용해 사운드 프로세싱의 적용 범위를 연산한 후, 파라미터로 연동하였다.

83) 터치디자이너에서 OSC를 받아들이기 위하여 사용하는 CHOP 오퍼레이터.

84) Ableton Live에서 기본으로 제공하는 Audio Effect를 적용할 수 있는 시스템.

85) 터치디자이너에서 데이터 값을 추출하기 위해 사용하는 CHOP 오퍼레이터.

86) 터치디자이너에서 데이터 값의 연결이 부드럽게 진행되도록 동작하는 CHOP오퍼레이터.

87) 터치디자이너에서 데이터 값의 연산을 위한 CHOP 오퍼레이터.



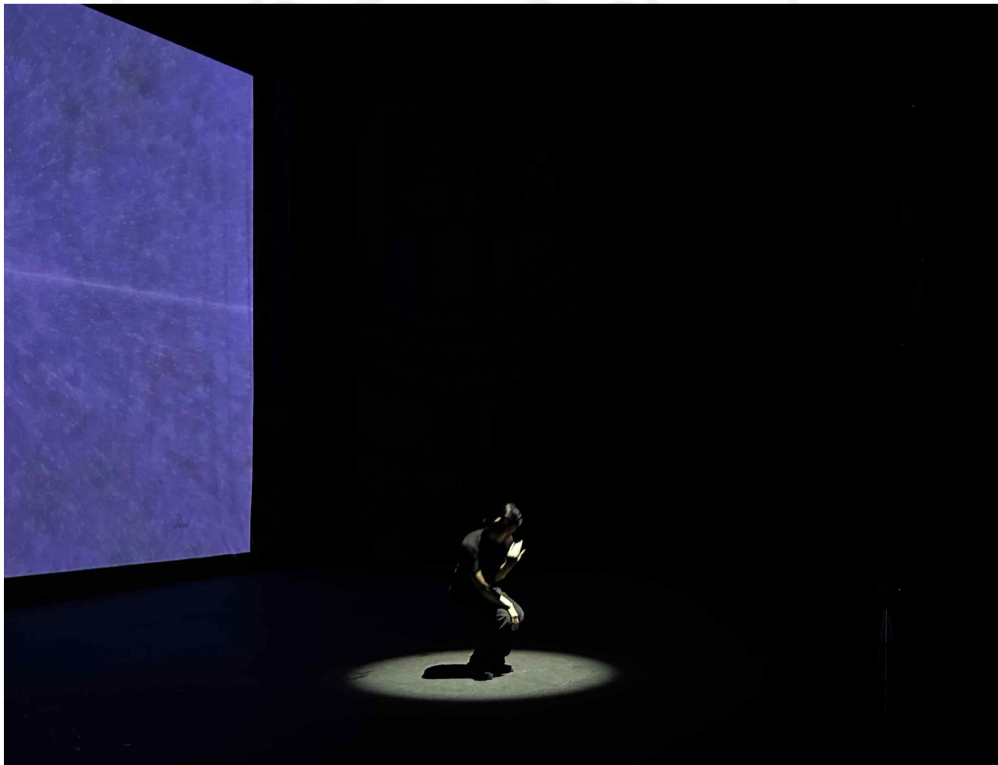
[그림-39] Ableton Live에서 터치디자이너 파라미터로 연동하는 시스템



III. 연구 기술의 작품 적용

무용수의 동작인식을 이용한 인터랙티브 멀티미디어 작품 <Emote>는 2024년 11월 9일 동국대학교 이해랑 예술극장에서 진행된 한국 멀티미디어음악학회(SIMM)의 ‘SEEING SOUND LISTENNING I MAGE(보는소리, 듣는영상) 2024’ 공연에서 초연되었다.

1. 작품 소개

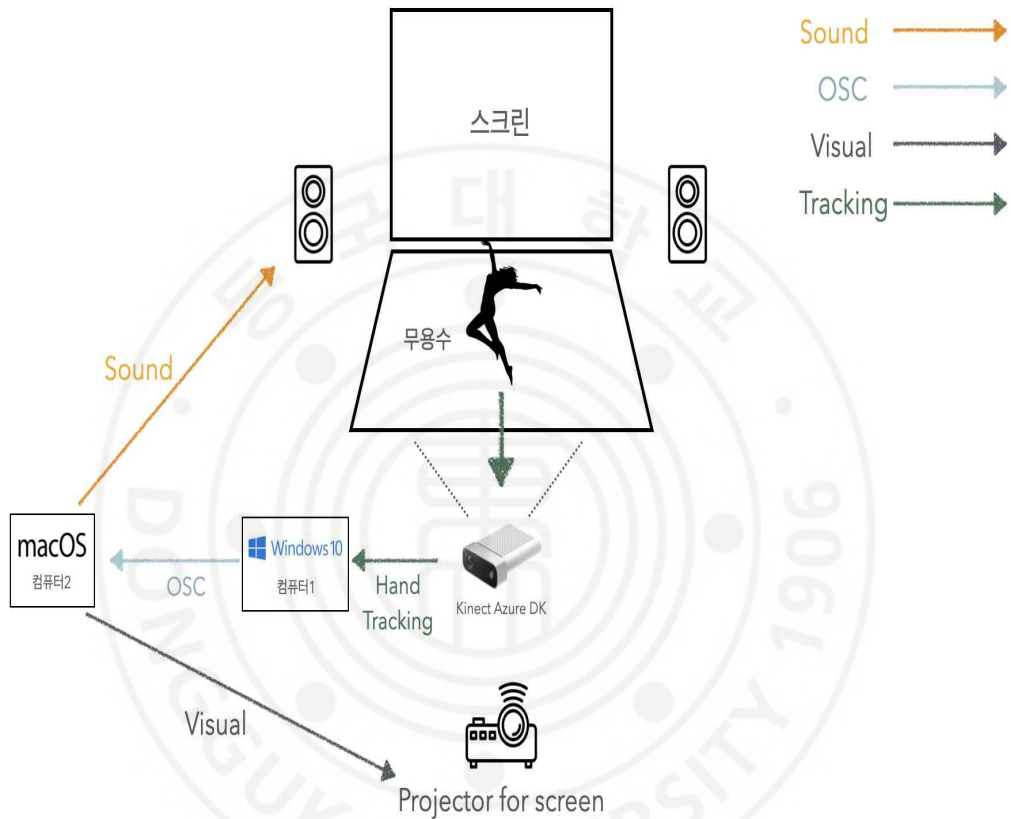


[그림-40] 작품 <Emote>의 공연 이미지

본 작품 <Emote>는 라반의 움직임 분석 이론을 기반으로 한 무용수의 동작과 사운드, 비주얼의 조화를 바탕으로 제작된 인터랙티브 멀티미디어 작품이다. 무용수의 동작에 슬픔, 기쁨, 행복, 분노의 네 가지 감정을 담고, 이를 기반으로 한 사운드와 비주얼을 제작하였다. 머스 커닝햄이 보여주었던 무용과 디지털 아트의 결합은 무용의 경계를 확장하고 새로운 메시지를 전달하였으며, 레픽 아나돌은 다양한 출처에서 수집된 대량의 데이터를 예술 작품으로 변환하여 관객이 다양한 감정을 느낄 수 있도록 하였다. 이러한 철학적 관점을 바탕으로, 막스 뤼셔의 색채 심리를 통해 색상의 조합과 비주얼의 인터랙션을 구성하고, 무용수의 동작과 실시간 상호작용함으로써 청각적 요소와 시각적 요소에서 관객에게 깊은 감정적 인상을 남기고자 하였다. 무용수의 동작을 통한 실시간 상호작용을 구현하기 위해 Azure Kinect DK를 사용하여 양손을 트래킹하였으며, 청각적 요소는 Max를 통해 처리되고, 시각적 요소는 터치디자이너를 통해 제작되었다.

2. 작품 구성

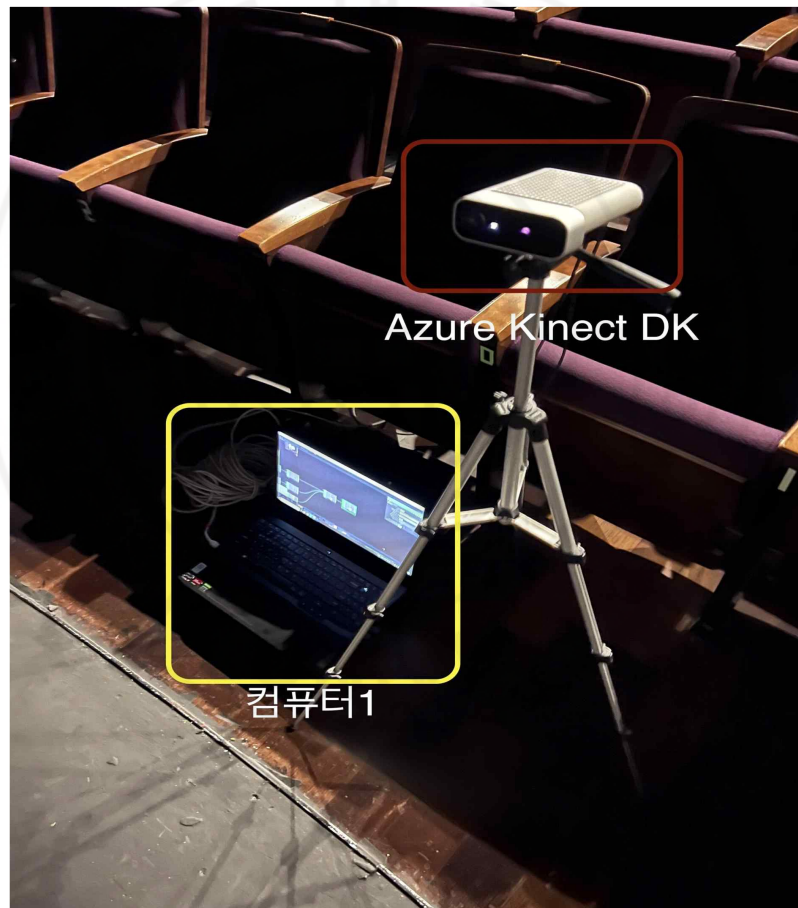
1) 무대 구성



<그림-41> 무대 구성

[그림-41]은 <Emote>의 무대 구성이다. 무용수의 움직임을 트래킹하기 위해 무대 정면에 Azure Kinect DK와 컴퓨터1을 배치하여, 무용수의 움직임 정보를 OSC를 통해 오퍼레이터 역할을 하는 컴퓨터2에게 전달한다. 컴퓨터2는 받은 움직임 정보를 Ableton Live와 터치디자이너로 전송하여 무용수와의 인터랙션을 통해 사운드와 비주얼을

송출한다. 또한, 컴퓨터2에서 무용수의 움직임에 맞춰 실시간으로 사운드 효과를 제어한다. Azure Kinect DK는 최대 5m x 5m의 범위에서 동작을 추적할 수 있으며, 무대 정면에서 무용수를 근접하게 트래킹하기 위해 배치되었다. 그러나 조명의 밝기에 따라 트래킹 성능에 영향을 받을 수 있으므로, 본 연구에서는 무용수의 동작 범위를 3m x 3m로 제한하였다.



[그림-42] 무대 정면 Azure Kinect DK와 컴퓨터의 위치

2) 음악 구성

본 작품은 무용수가 표현하는 네 가지 감정인 슬픔, 기쁨, 행복, 분노로 나누어지며, 기쁨의 감정은 행복으로 세분화되어 표현된다. 곡은 4/4 박자로 작곡되었으며, 각 파트별로 조성이 변화한다. 작품 <E mote>는 A-B-B' -C-A'의 구성을 따른다.

[표-8] 파트 감정 표현과 조성

파트	감정	조성
A	슬픔	E minor
B	기쁨	E Major
B'	행복	E Major
C	분노	C Major
A'	슬픔	E minor

A 파트인 슬픔의 감정을 표현하는 이 부분은 쇼팽⁸⁸⁾의 E단조 프렐류드⁸⁹⁾에서 영감을 받아 E 단조의 코드 진행을 사용한 pad synt h⁹⁰⁾로 시작한다. 4마디 마다 코드가 변경되며, 느리고 차분한 음악적 진행이 이루어진다. A 파트의 9마디부터는 흐느껴 우는 듯한 synt

88) 폴란드 출신의 작곡가. 낭만주의 시대의 대표적인 음악가로 서정적이고 감성적인 멜로디가 특징.

89) 쇼팽의 24가지 전주곡 중 하나. 낭만주의 시대의 감성을 반영한 자유로운 형식과 깊은 감정 표현이 특징.

90) 신디사이저를 이용해 리드 악기로 연주하는 멜로디보다 잔잔하게 깔아주는 느낌의 연주법.

hesizer 소리가 추가되어 슬픔의 감정을 더 깊게 표현한다. B 파트에서는 조성이 minor에서 major로 바뀌며, A 파트보다 밝고 행복한 감정을 표현한다. 맑고 청아한 분위기를 위해 bell synth⁹¹⁾ 소리를 사용하고, Euclidean sequencer⁹²⁾를 다채로운 리듬 패턴을 표현한다. B' 파트에서는 기쁨에서 더 나아가 평온하고 행복한 감정을 나타낸다. 무용수의 손을 트래킹하여 비주얼 속 파티클이 손의 움직임에 맞춰 상호작용하며, bell synth가 넓은 음역대를 연주하고, bitcrusher와 ring modulation 효과를 이용한 synthesizer 소리들이 표현된다. C파트에서 분노의 감정을 표현하기 위해 physical modeling synthesis로 제작된 lead synth⁹³⁾에 comb-filter효과를 더해 거친 질감을 표현한다. C파트의 30마디 부터는 B' 파트의 bell synth가 등장하며 분위기를 전환한 후 A' 파트로 이어진다. A' 파트에서 슬픔과 외로움을 표현하는 되도록 chorus 효과가 섞인 합성음 소리가 깔리고, lead synth가 전개가되면서 fade out⁹⁴⁾되며 곡이 마무리 된다.

91) 벨 소리와 유사하게 만들어진 신디사이저 소리.

92) Euclidean rhythms라는 개념을 바탕으로 한 신디사이저로, 주로 등비급 수를 이용해 동일하게 분포된 패턴을 생성한다.

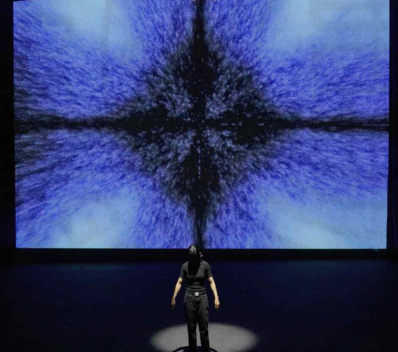
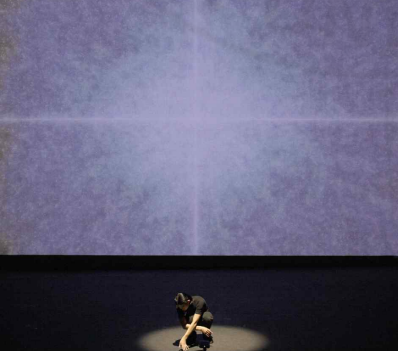
93) 멜로디나 리드 파트를 연주하는 데 사용되는 신디사이저 소리.

94) 볼륨이 점진적으로 줄어들어 완전히 사라지도록 하는 기법.

3) 영상 구성


A 파트는 슬픔에 빠져 무기력해진 인간의 감정을 표현한 부분이다. 제한된 조명 범위 안에서 흐느적거리며 팔을 휘두르는 모습과 함께, 슬픔을 나타내는 파란색 계열의 파티클이 화면을 통해 퍼져 나온다. 파티클은 점차 보라색에 가까운 짙은 색으로 변해가며, 슬픔이 깊어지는 것을 의미하고, 화면 전체를 가득 덮는다. 동시에 무용수는 구부러 주저앉고, 바닥을 휘저으며 혼자만의 외로움을 표현한다.

<표-9> A 파트의 영상 구성

무대 장면	의미
	<p>슬픔의 감정을 상징하는 파란색 계열의 파티클의 등장하면서 슬픔이 표현되는 장면</p>
	<p>파티클이 화면을 가득채우며 슬픔의 깊이를 강조하듯 점차 짙은 보라색으로 변화하는 장면</p>

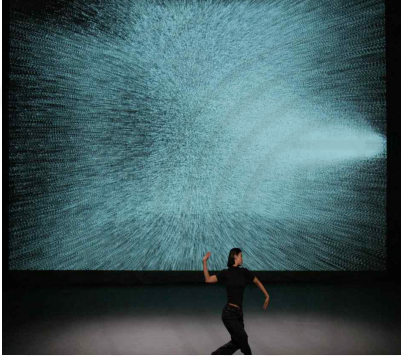
B 파트에서는 기쁨을 상징하는 노란색 계열의 파티클이 사방으로 퍼져나가며, 인간의 들뜨고 설렌 마음을 표현하듯 자유로운 흐름으로 가볍고 빠르게 움직인다. 무용수는 넓은 반경 안에서 부드럽고 지속적인 흐름으로 움직이며, 무용수의 동작에 맞춰 파티클이 지속적으로 튕기듯 움직인다. 이러한 노란색 계열의 파티클의 흐름은 인간의 기쁨과 활기를 시각적으로 표현하며, 무용수의 유연하고 경쾌한 동작과 조화를 이룬다.

<표-10> B 파트의 영상 구성

무대 장면	표현 내용
	<p>기쁨의 감정을 상징하는 노란색 계열의 파티클이 사방으로 퍼져나가며 기쁨을 표현하는 장면</p>


B' 파트에서는 행복을 상징하는 청록색 계열의 파티클이 무용수의 손을 추적하여 손의 움직임에 맞춰 상호작용한다. 동작은 경쾌하고 빠르며, 활기찬 양손 움직임으로 파티클이 흩어져 퍼진다. 이러한 청록색 계열의 파티클의 흐름은 행복과 희망의 감정을 시각적으로 표현하며, 무용수의 자유롭고 활기찬 동작과 조화를 이룬다.

<표-11> B' 파트의 영상 구성

무대 장면	표현 내용
	<p>행복을 상징하는 청록색 계열의 파티클이 무용수의 손을 따라 움직이는 장면</p>



C 파트에서는 분노를 상징하는 빨간색 계열의 파티클이 거친 질감의 사운드와 결합되어 인간의 화나고 진정되지 않은 복잡하고 거친 마음을 시각적으로 표현하며 회전한다. 무용수는 역동적인 동작을 수행하며, 이와 동시에 빨간색 계열의 파티클은 화면을 가득 채우며 분노의 감정을 드러낸다.

<표-12> C 파트의 영상 구성

무대 장면	표현 내용
	<p>분노를 상징하는 빨간색 계열의 파티클이 거친 질감의 사운드와 함께 거칠게 회전하며 인간의 분노한 마음을 표현하는 장면</p>

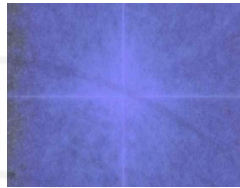
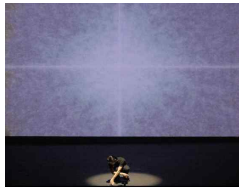
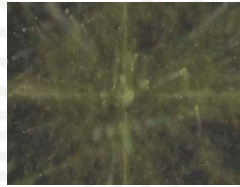

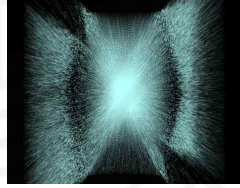





A' 파트에서는 C 파트에서 진행되었던 회전 효과가 서서히 풀리며, 슬픔을 표현한 파란색 계열의 색상으로 다시 전환된다. 무용수의 동작이 점차 구부러지고 주저앉으며, 슬픔의 감정이 점점 고조된다. 파티클이 화면을 가득 채우며 슬픔의 깊이를 강조하듯 점차 짙은 파란색 계열로 변화하며, 무용수는 혼자만의 외로움을 표현하듯 몸을 감싸 안는다.

〈표-13〉 A' 파트의 영상 구성

무대 장면	표현 내용
	<p>회전 효과가 서서히 풀리며 파란색 계열의 파티클이 다시 슬픔에 잠기는 인간의 감정을 표현</p>
	<p>무용수의 동작이 점차 구부러지고 주저앉게 되며, 슬픔의 감정이 점점 고조됨을 표현</p>

<표-14는> 각 파트별로 감정을 표현한 영상 패턴을 시간과 함께 정리한 표이다.


<표-14> 파트 구성도

파트	감정	시간	이미지	무대 장면
A	슬픔	0:00~2:00		
B	기쁨	2:00~3:29		
B'	행복	3:29~4:15		
C	분노	4:15~5:47		
A'	슬픔	5:47~7:29		

4. 작품에서의 기술 적용 및 효과

1) A 파트

<표-15> A 파트에 적용된 사운드 프로세싱과 비주얼 인터랙션

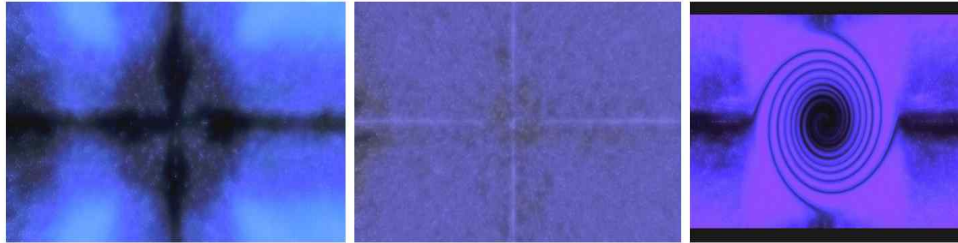
파트	영상 효과	사운드 프로세싱	무대
A	blur	chorus	

A 파트에서 무용수의 움직임은 슬픔을 느끼는 사람을 표현하기 위해 좁은 공간에서 정적이고 단순한 동작을 반복하며, 슬픈 감정을 표현하는 pad synth 소리와 함께 흐느껴 우는 듯한 느낌의 lead synth가 슬픔의 분위기를 자아낸다. 사용된 음향 효과는 chorus효과로, 슬프고 우울한 무용수의 위태로움을 표현하기 위해 사용되었다.

로컬 OSC로 연동한 Ableton Live와 터치디자이너를 이용하여 무용수의 움직임에 맞춰 chorus 음향 효과와 noise TOP⁹⁵⁾에서 noise의 period⁹⁶⁾값이 같이 변화하도록 사용하였다. [그림-43]은 무용수의 움직임에 맞춰 실시간 프로세싱한 영상의 변화를 나타낸다.

95) 노이즈 패턴을 생성하는 데 사용되는 오퍼레이터.

96) 주기.



[그림-43] A 파트의 영상 변화

2) B 파트

<표-16> B 파트에 적용된 사운드 프로세싱과 비주얼 인터랙션

파트	영상 효과	사운드 프로세싱	비주얼
B	uniform scale	comb-filter, flanger	

B 파트에서 무용수는 기쁨을 느끼는 사람을 표현하기 위해 보다 넓은 공간에서 자유로운 흐름과 가벼운 움직임을 나타낸다. 음향 효과로는 flanger를 사용하여 bell synth의 소리가 좀 더 자유롭게 흘러나오도록 표현하였으며, B' 파트로 넘어가는 마디에서는 장면전환을 위해 comb-filter를 사용하여 소리를 금속성의 명료하고 날카로운 소리로 변화를 주어 분위기를 고조시켰다. 또한, flanger 효과가 적용될 때 point transform TOP에 uniform scale 값이 변화하도록 설정하여 무용수의 움직임에 맞춰 실시간으로 변화하도록 하였다. [그림-44]는 무용수의 움직임에 맞춰 실시간 프로세싱한 영상의 변화를 나타낸

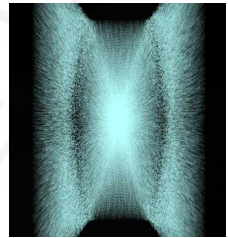
다.



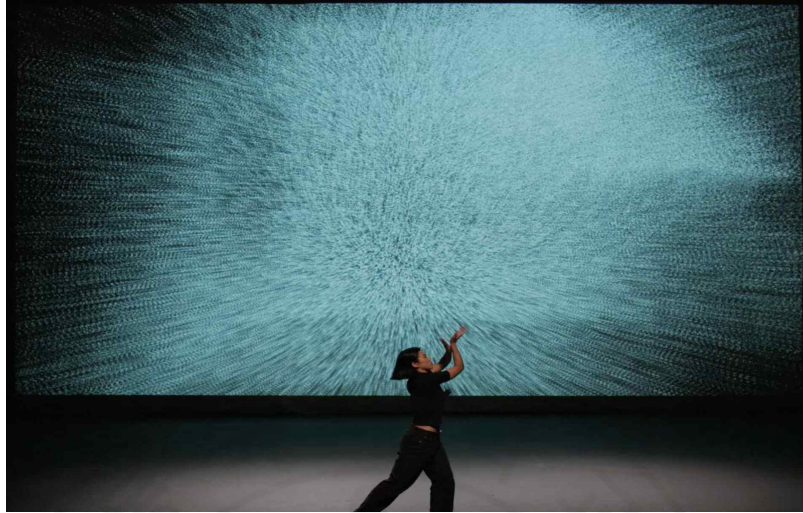
[그림-44] B 파트의 영상 변화

3) B' 파트

<표-17> B' 파트에 적용된 사운드 프로세싱과 비주얼 인터랙션

파트	비주얼	사운드 프로세싱	비주얼
B'	thresh	comb-filter, flanger, chorus	


B' 파트에서는 Azure Kinect DK에 트래킹된 무용수의 손이 청록색 파티클을 움직이도록 하는 인터랙션을 진행하였다. 무용수의 손이 트래킹 될 때마다 행복을 표현하는 파티클들이 손을 따라 움직이며, chorus와 flanger 효과의 mix값이 무용수의 위치 정보 값에 따라 움직이도록 설정했다.



[그림-45] 무용수의 팔에 맞춰 움직이는 파티클 예시

4) C 파트

<표-18> C 파트에 적용된 사운드 프로세싱과 비주얼 인터랙션

파트	영상 효과	사운드 프로세싱	비주얼
C	Twirl	comb-filter, bitcrusher, AM	

C 파트에서 무용수는 분노한 사람의 움직임 표현하기 위해 직선적이고 강한 동작을 나타낸다. 음향 효과로는 bitcrusher를 사용하여 저음역대의 lead synth 음질을 저하시켜 거칠고 울부짖는 듯한 사운드 프로세싱을 수행하였으며, comb-filter와 AM을 활용하여 소리의 변칙적인 움직임과 날카로운 금속성 소리를 구현하였다. 또한, AM이

작동할 때 blur TOP의 filter size가 변화하도록 설계하였다. [그림-46]는 무용수의 움직임에 맞춰 실시간 프로세싱한 영상의 변화를 나타낸다.



[그림-46] C 파트의 영상

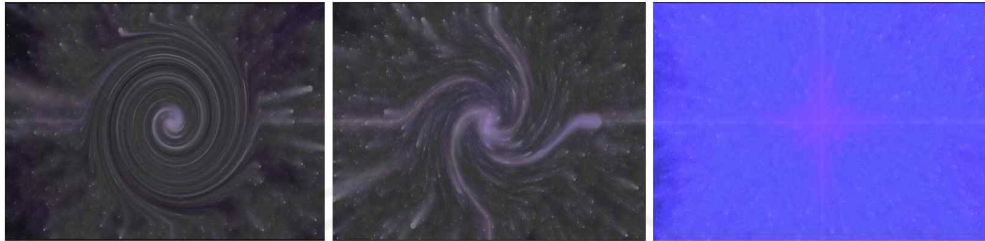
5) A' 파트

A' 파트에서는 분노한 사람의 감정이 사그라들고 다시 슬픔과 외로움을 느끼는 사람의 감정을 묘사한다. 무용수는 제한된 공간에서 정적이고 힘 없는 느린 움직임을 통해 이러한 감정을 표현하였다. 혼자만 있는 공간에서의 외로움을 강조하기 위해 bell synth에 flanger와 comb-filter 효과를 적용하여 강한 쇠소리와 울림을 생성, 공간이 넓게 울리는 듯한 효과를 주었다.

<표-19> A' 파트에 적용된 사운드 프로세싱과 비주얼 인터랙션

파트	영상 효과	사운드 프로세싱	비주얼
A'	Twirl	comb-filter, chorus, flanger, AM	

[그림-47]은 무용수의 움직임에 맞춰 실시간 프로세싱한 영상의 변화를 나타낸다.



[그림-47] A' 파트의 영상 변화

IV. 결 론

본 연구는 무용수의 동작을 작품에서 인간의 감정을 담은 예술적 표현으로 사용하여 작품을 제작하는 것을 목표로 하는 인터랙티브 멀티미디어 작품에 관한 연구이다. 라반의 움직임 분석 이론을 바탕으로 한 무용적 표현과 인간의 감정을 색상으로 매치시킨 색채 심리학의 이론 등을 통해 작품에 감정을 구체적으로 표현하고자 시도하였다. 본 작품의 곡 구성은 슬픔, 기쁨, 행복, 분노의 순으로 표현된 감정을 A-B-B' -C-A'의 음악적 구성으로 정리하였다. 음악적 표현은 physical modeling 방식과 wavetable 방식의 신디사이저를 이용해 만든 음악을 각 감정에 맞는 사운드 프로세싱을 통해 특정 감정에서 느끼는 흐느낌, 공허함, 혼란스러움, 분노 등의 표현들을 comb-filter의 금속성 텍스처와 bitcrusher의 거친 텍스처, flanger와 chorus의 공간감, amplitude modulation의 변조 등의 사운드 프로세싱을 통해 보다 구체적으로 표현할 수 있었다. 영상 부분은 터치디자이너를 이용하여 파티클로 인간의 감정을 표현하였다. 파티클의 자유로운 움직임과 변형을 통해 인간의 복잡한 감정을 섬세하게 표현할 수 있었으며, 색상, 크기, 속도 등을 활용하여 다차원적인 감정을 전달할 수 있는 표현을 만드는 데 용이하였다. Azure Kinect DK를 사용한 Windows 컴퓨터와 사운드 및 비주얼을 처리한 Mac 컴퓨터 간의 OSC 통신이 매우 불안정하였다. 이는 Windows와 Mac 간의 통신 불안정성으로 인해 발생한 문제로, Azure Kinect DK의 트래킹 범위인 5m x 5m 내에서 안정적으로 무용수의 데이터 값을 받기 위해 별도의 유선 연결을 통한 로컬 OSC 연결을 진행하였다. 그러나 이러한 로컬 OSC 통신의 불안정성으로 무용수의 데이터 값이 지연되어 사운드

프로세싱 지연 또는 비주얼 끊김 현상이 발생하였다. 그러므로 추후 좀 더 안정적인 통신 시스템을 위한 연구가 필요할 것으로 보인다. 본 작품 <Emote>를 통해 무용과 디지털 아트의 융합은 감정 표현의 새로운 가능성을 제시하였으며, 향후 연구에서는 다양한 감정 범위를 포함한 추가적인 움직임 분석과 더 발전된 기술을 활용한 인터랙티브 시스템 개발이 필요할 것이다. 또한, 이 연구를 통해 보이지 않는 감정이란 요소를 활용한 다양한 멀티미디어적 교감 예술 연구에 도움이 되길 기원한다.

Keyword(검색어)
컴퓨터음악(computer music), 사운드 시각화(sound visualization)
인터랙티브 멀티미디어 음악(interactive multimedia music), Max,
키넥트(Kinect), 무용(dance), 동작인식(motion recognition)

E-mail : dyd635@naver.com

참고문헌

1. 단행본, 학술지

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

막스 뤼셔, 「막스뤼셔의 색채심리학(우리 안의 조화의 법칙)」
(오르비스 2020)

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

Ableton Live 12 Manual (Ableton 2023)

Audio-Processes-by-David-Creasey (SCRIBD 2016)

Patrik Lechner, “*Multimedia Programming Using Max/Msp and Touchdesigner*” (Birmingham, Packt Publishing, 2014)

THE MIXING ENGINEER’ S HANDBOOK (BOBBY OWSINKS
KI, 2022)

2. 참고 논문

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

김재리, 「라반의 움직임 분석 이론을 활용한 움직임 창작과정 연구.」 (이화여자대학교 대학원, 2005.)

노혜경, 「라반의 움직임분석을 통한 살풀이춤에 관한 연구.」 (세종대학교 대학원, 2011.)

오이링, 「베이스기타의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한 인터랙티브 멀티미디어 작품 제작 연구.」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어 학과 2024)

오지현. "색청을 이용한 공감각적 작품 연구." 국내석사학위논문 국민대학교 종합예술대학원, 2021. 서울

이관규, 「피아노 연주와 무용수의 움직임을 이용한 인터랙티브 멀티미디어 작품 제작 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2022)

임소혁, 실시간 모션 트래킹에 의한 프로젝션 맵핑과 인터랙티브 멀티미디어 작품제작 연구 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2024.)

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/>

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

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

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

Abstract

Creation of Interactive Multimedia Art
Using Dancer' s Motion Recognition
– (Focus on multimedia music <Emote>) –

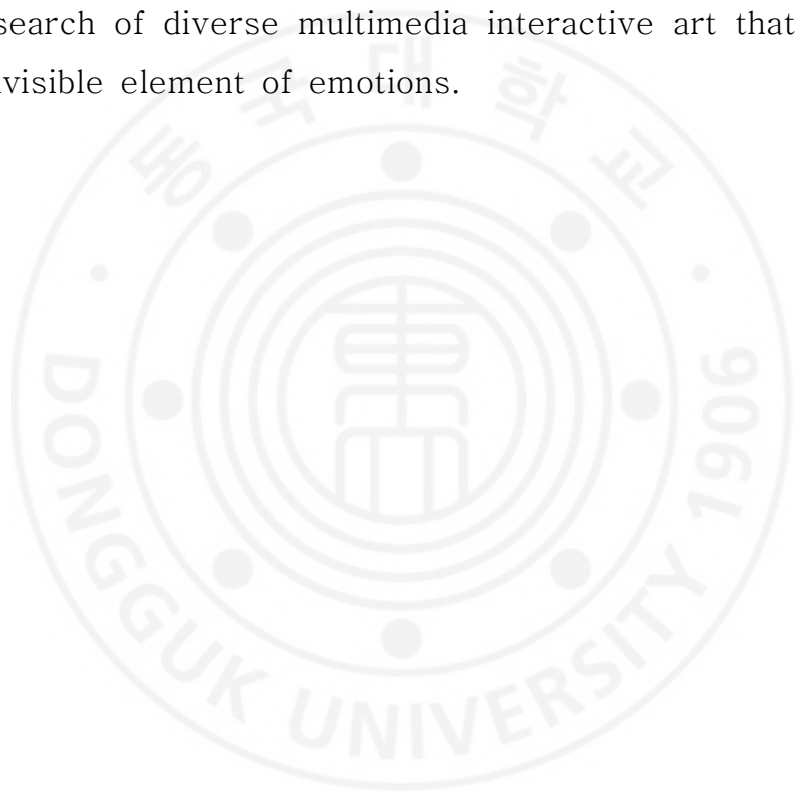
Han, Soo Yong

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

This study focuses on an interactive multimedia work that uses the movements of dancers to artistically express human emotions. Based on Laban's movement analysis theory and color psychology, which matches human emotions with colors, the

project aimed to concretely express emotions in the artwork. The composition of the piece is organized in the musical structure of A-B-B'-C-A', representing the emotions of sadness, joy, happiness, and anger in that order. Musical expressions were created using physical modeling and wavetable synthesizers, with sound processing tailored to each emotion. Specific emotional expressions such as sobbing, emptiness, confusion, and anger were more concretely expressed through sound processing techniques like the metallic textures of comb filters, the rough textures of bit crushers, the spatial effects of flangers and choruses, and the modulation of amplitude modulation. In the visual section, TouchDesigner was used to express human emotions through particles. The free movement and transformation of particles enabled delicate expressions of complex human emotions, and elements such as color, size, and speed were utilized to create multidimensional emotional expressions. However, there were significant issues with the OSC communication between the Windows computer using Azure Kinect DK and the Mac computer processing sound and visuals. Due to the instability of communication between Windows and Mac, a wired local OSC connection was used to stably receive the dancer's data within the 5m x 5m tracking range of Azure Kinect DK. Despite this, the instability of the local OSC communication caused delays in receiving the dancer's data, leading to delays in sound processing or visual disruptions. Therefore, further research is needed to develop a more stable communication sys

tem. Through the work <Emote>, the integration of dance and digital art has presented new possibilities for emotional expression. Future research should involve additional movement analysis encompassing a wider range of emotions and the development of interactive systems using more advanced technologies. Additionally, it is hoped that this study will contribute to the research of diverse multimedia interactive art that utilizes the invisible element of emotions.



부록 : 첨부 DVD 설명

1. Emote 공연 영상

2024년 11월 9일 멀티미디어 작품 <Emote>

2. Emote 자료

작품에 사용된 Max, Ableton Live, TouchDesigner 자료

