



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

제의적 퍼포먼스의
실시간 감각 전이 구조에 관한 연구

-멀티미디어음악 작품

<제 의식(祭儀式) : 객귀(客鬼)>-

지도교수 김 준

동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과

서 건 호

2026

석사학위논문

제의적 퍼포먼스의 실시간 감각 전이 구조에 관한 연구
-멀티미디어음악 작품 <제 의식(祭儀式) : 객귀(客鬼)>-

서건호

지도교수 김 준

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2025 년 12 월

서건호의 음악석사(컴퓨터음악) 학위 논문을 인준함

2026 년 1 월

위원장 정진현



위원 김정호



위원 김준



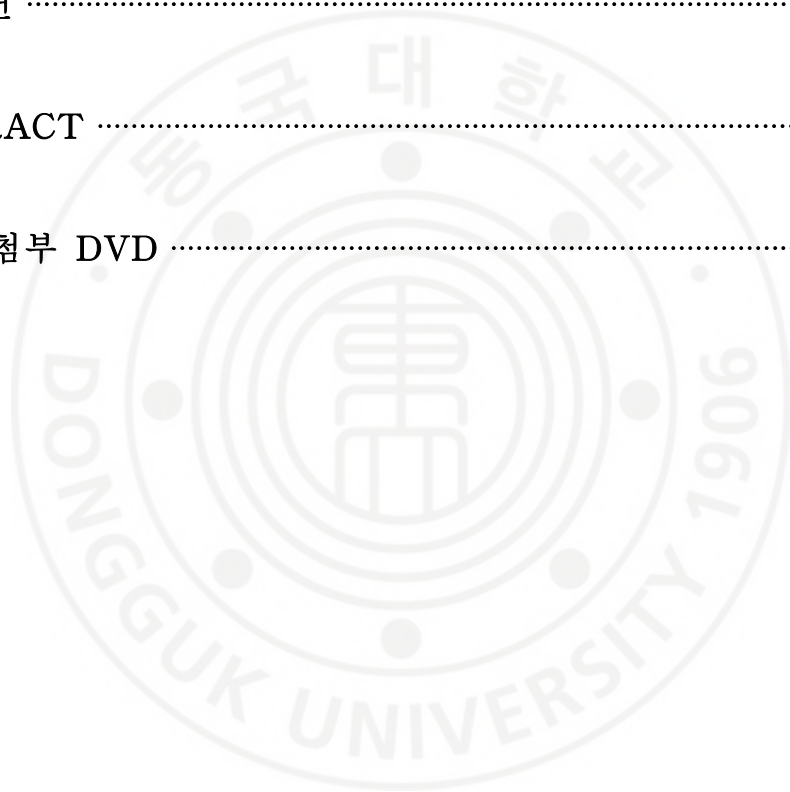
동국대학교 영상대학원

목 차

I. 서론	1
1. 연구 목적	1
2. 사전 연구	3
3. 샤머니즘의 감각적 특성과 미디어 재현 방식	7
1) 청각적 특징과 영화적 재현	7
2) 시각적 특징과 영화적 재현	10
4. 기존 샤머니즘 작품의 재해석 및 확장성	12
II. 기술 연구	14
1. 사운드 프로세싱 연구	14
1) granular synthesis	14
① waveform ~오브젝트 제어 구조	15
② 확률 기반 샘플 이동 구조	16
③ 샘플 로딩 및 재생 구조	17
④ munger ~오브젝트 기반 granular synthesis 엔진 구조	18
2) comb-filter processing	20
① comb-filter 패치 구조 개요	21
② comb ~의 파라미터 및 제어 방식	21
3) pitch shift	24
4) 패드 사운드의 granular synthesis, comb-filter 적용	28
① granular synthesis를 적용한 방식	28
② comb-filter를 적용한 방식	30

5) 금속 사운드의 granular synthesis, comb-filter 적용	32
① granular synthesis를 적용한 방식	32
② comb-filter를 적용한 방식	35
2. 영상 인터랙션(interaction) 연구	39
1) 비주얼 구성	41
2) Line SOP 기반 비주얼 매핑 구조	44
3) 3D 모델 기반 파티클 매핑 구조	49
4) MediaPipe 기반 인터랙션 구조	60
5) MPU6050 기반 자이로 센서 인터랙션 구조	68
3. 센서 및 실시간 인터페이스 시스템 연구	75
1) Arduino UNO R4 WiFi 시스템 개요	75
2) MPU6050 센서 구조 및 데이터 처리	77
3) Arduino UNO R4 WiFi와 MPU6050의 배선 구조	80
4) 센서 기반 인터랙션의 미학적 의미	82
Ⅲ. 작품 <제 의식(祭儀式) : 객귀(客鬼)>의 구성 및 적용	83
1. 작품 소개	83
2. 작품 구성	84
1) 음악 구성	84
2) 영상 구성	84
3. 작품에서의 기술 적용	86
1) A scene	87
2) B scene	88
3) C scene	89
4) D scene	90
5) E scene	91

6) F scene	92
7) G scene	93
8) 작품 구현의 효과	94
IV. 결론	96
참고문헌	98
ABSTRACT	101
부록 : 첨부 DVD	104



< 표 목차 >

<표-1>	munger~ hot inlet 기능 요약	20
<표-2>	comb~ hot inlet 기능 요약	23
<표-3>	파라미터 값과 음향적 효과	29
<표-4>	파라미터 값과 음향적 효과	31
<표-5>	파라미터 값과 음향적 효과	34
<표-6>	파라미터 값과 음향적 효과	36
<표-7>	파라미터 값과 음향적 효과	38
<표-8>	Arduino UNO R4 WiFi와 MPU6050의 배선 구조	80
<표-9>	음악 구성 및 영상 구성	85
<표-10>	A scene에 적용된 사운드 프로세싱과 영상 효과	87
<표-11>	B scene에 적용된 사운드 프로세싱과 영상 효과	88
<표-12>	C scene에 적용된 사운드 프로세싱과 영상 효과	89
<표-13>	D scene에 적용된 사운드 프로세싱과 영상 효과	90
<표-14>	E scene에 적용된 사운드 프로세싱과 영상 효과	91
<표-15>	F scene에 적용된 사운드 프로세싱과 영상 효과	92
<표-16>	G scene에 적용된 사운드 프로세싱과 영상 효과	93

[그림 목차]

[그림-1]	<늑대 걸음으로(A Pas de Loup, 1990)>	5
[그림-2]	<참여 TV(Participation TV, 1963)>	6
[그림-3]	<과묘(2024)>와 <곡성(2016)>	8
[그림-4]	<검은 사제들(2015)>과 <엑소시스트: 더 바티칸(2023)>	9
[그림-5]	도당할머니곳과 <검은 사제들(2015)>	10
[그림-6]	<검은 사제들(2015)>과 <엑소시스트: 더 바티칸(2023)>	11
[그림-7]	granular synthesis 오디오 처리 도식화	15
[그림-8]	waveform~ 제어 구조	16
[그림-9]	확률 기반 샘플 이동 구조	17
[그림-10]	샘플 로딩 및 재생 구조 패치	18
[그림-11]	munger~ 제어 구조	19
[그림-12]	comb-filter 오디오 처리 도식화	21
[그림-13]	comb~ 제어 구조	23
[그림-14]	음원 기반 pitch shift Max/MSP 패치	26
[그림-15]	실시간 기반 pitch shift Max/MSP 패치	27
[그림-16]	스펙트럼의 변화	30
[그림-17]	스펙트럼의 변화	32
[그림-18]	스펙트럼의 변화	34
[그림-19]	스펙트럼의 변화	36
[그림-20]	스펙트럼의 변화	38

[그림-21]	TouchDesigner 네트워크 아키텍처	40
[그림-22]	TouchDesigner Line SOP 을 활용한 비주얼	41
[그림-23]	TouchDesigner 파티클 기반 대표 비주얼	42
[그림-24]	TouchDesigner 3D 모델 기반 대표 비주얼	43
[그림-25]	Line SOP 매핑을 활용한 텍스트 구조 변조 시스템	45
[그림-26]	Line SOP 매핑을 활용한 텍스트 구조 변조 시스템	46
[그림-27]	외부 MIDI 컨트롤러를 활용한 텍스트 구조 변조 시스템	48
[그림-28]	인트로 비주얼의 시각적 긴장감 고조 과정	49
[그림-29]	MeshLab에서 3D 모델(.obj)을 불러온 예시	50
[그림-30]	Montecarlo Sampling 기능 적용 예시	51
[그림-31]	Transfer : Texture to Vertex Color 기능 적용 예시	52
[그림-32]	Point File Select TOP 의 파라미터 설정	54
[그림-33]	Math TOP 을 이용한 색상값의 정규화	55
[그림-34]	Threshold TOP 파라미터 설정	57
[그림-35]	Feedback TOP, Noise TOP, Math TOP 연결 구조	58
[그림-36]	무당의 공간과 스님의 형상 3D 모델의 파티클 변환 시물레이션	59
[그림-37]	왼손 핸드 트래킹 설정과 1차 정규화	61
[그림-38]	Math CHOP 을 이용한 2차 정규화	62
[그림-39]	Threshold TOP 에 각각 할당	63
[그림-40]	Trim CHOP 을 사용하여 관절 포인트 표시 제어	64

[그림-41]	오른손 펼쳤을 때와 쥐었을 때의 값	65
[그림-42]	스님 3D 모델의 y축에 오른손 값 할당	66
[그림-43]	MediaPipe 기반의 핸드 트래킹과 객체의 실시간 상호작용구조	67
[그림-44]	Serial DAT 를 이용한 데이터 값 수신	69
[그림-45]	x축 데이터 값의 신호 처리 파이프라인	70
[그림-46]	y축 데이터 값의 신호 처리 파이프라인	71
[그림-47]	z축 데이터 값의 신호 처리 파이프라인	73
[그림-48]	MPU6050 데이터와 연동된 파티클의 비선형적 확산 및 시각화	74
[그림-49]	Arduino UNO R4 WiFi pinout diagram	76
[그림-50]	MPU6050의 3축 회전축	77
[그림-51]	Arduino IDE를 이용한 MPU6050 코드	79
[그림-52]	Arduino UNO R4 WiFi와 MPU6050의 I ² C 배선 구성도	80
[그림-53]	Arduino UNO R4 WiFi와 MPU6050을 내장한 무령 센서 구조	81
[그림-54]	<제 의식(祭儀式) : 객귀(客鬼)> 공연 사진	83
[그림-55]	작품 구성 도식화	86
[그림-56]	A scene 영상 효과 변화	87
[그림-57]	B scene 영상 효과 변화	88
[그림-58]	C scene 영상 효과 변화	89
[그림-59]	D scene 영상 효과 변화	90
[그림-60.1]	E scene 영상 효과 변화	91
[그림-60.2]	E scene 영상 효과 변화	92
[그림-61]	F scene 영상 효과 변화	93

I. 서론

1. 연구 목적

현대 사회는 고도의 기술적 합리성이 지배하는 시대이다. 그러나 모든 현상이 과학적으로 규명되고 예측 가능한 시스템 속에 놓일수록, 역설적으로 대중은 이성이나 논리로 설명되지 않는 비가시적 영역, 즉 미지에 대한 강렬한 호기심을 갖게 된다. <검은 사제들(2015)>, <곡성(2016)>, <사바하(2019)>, <파묘(2024)> 등 샤머니즘을 소재로 한 오컬트 콘텐츠가 대중적 성공을 거둔 현상은 이러한 심리를 방증한다. 최근 한국 대중문화계의 오컬트(occult)¹⁾ 붐은 2014년 이후 심화된 사회적 불안과 실존적 한계 상황에서 오는 공포가 투영된 현상이라고 분석한다.²⁾ 즉, 합리적 이성과 사회 시스템만으로는 해결되지 않는 현실의 불안과 결핍이 초자연적 힘에 대한 관심으로 이어졌음을 시사한다. 이러한 현상은 관객들이 샤머니즘에서 종교적 구원을 찾기 때문이라기보다는, 디지털 시대가 거세한 원초적인 신비감과 공포, 그리고 기이한 감각에 대한 자극을 갈망하기 때문으로 해석할 수 있다. 오컬트라는 용어가 숨겨진 것, 감추어진 것을 뜻하는 라틴어 오쿨투스(occultus)에서 유래했듯, 대중은 과학적 추론으로 설명할 수 없는 감추어진 현상을 마주할 때 루돌프 오토(Rudolf Otto, 1869-1937)³⁾가 정의한 누멘적(numinous)⁴⁾ 경험, 즉 인간의 이해를 넘어서는 압도적인 신비 앞에서의 두려

1) 라틴어 ‘오쿨투스(occultus)’에서 유래한 용어로 ‘숨겨진 것’, ‘감추어진 지식’을 뜻함

2) 이민형, 대중문화에 반영된 종교에 대한 대중의 기대와 기독교의 과제 : 오컬트 장르물을 중심으로, (신학과 실천 제86호, 2023), 813쪽.

3) 독일의 신학자이자 철학자

4) 성스러운 존재 앞에서 인간이 느끼는 비합리적인 감정 상태를 일컫는 말

움과 떨림을 느끼고자 하는 것이다.⁵⁾ 물론 <곡성(2016)>이나 <파묘(2024)>와 같은 최근의 성공작들이 대중의 갈망을 일정 부분 해소한 것은 사실이다. 그러나 상업 영화라는 매체의 특성상, 시각적 자극과 장르적 문법의 틀을 완전히 벗어나는 데에는 여전히 현실적인 한계가 존재한다. 기존의 작품들에서 재현되는 샤머니즘(shamanism)⁶⁾은 이러한 대중의 심층적 욕구를 충족시키기보다는 주로 시각적 충격 요법이나 권선징악적 퇴마 서사에 집중하는 경향을 보인다. 이는 결과적으로 샤머니즘이 지닌 고유한 감각적 깊이와 미세한 떨림, 공간을 장악하는 기운, 청각적 환영 등을 단순한 장르적 스펙터클이나 오락적 공포로 축소시키는 한계를 지닌다.

이에 본 연구는 샤머니즘을 단순한 눈요깃거리로 소비하는 방식을 지양하고, 현대 미디어 아트 기술을 통해 그 이면에 존재하는 보이지 않는 공포의 감각을 재구성하는 데 목적이 있다.

5) 최정화, 루돌프 오토의 『성스러움』이 탄생되기 전후의 맥락 - 누미노제 개념의 기원을 찾아서, (종교와 문화 제22호, 2012), 41-42쪽.

6) 통구스어 '샤만(saman)'에서 유래한 말로 '아는 자', '홍분하는 자'를 뜻함

2. 사전 연구

본 연구는 샤머니즘의 비가시적 요소를 현대 미디어 아트로 재해석하기 위해, 이론적 고찰을 통한 미학적 근거 마련과 이를 실제 퍼포먼스로 구현하는 기술적 연구 과정을 병행한다.

첫째, 테크노 샤머니즘(techno-shamanism)⁷⁾의 이론적 토대 마련을 위해 로이 애스콧(Roy Ascott, 1934-)⁸⁾의 테크노에틱 아트(technoetic arts)⁹⁾ 이론을 고찰한다. 애스콧은 테크노에틱 아트를 주장하며, 테크노에틱스(technoetics)¹⁰⁾의 어원은 다음과 같다. ‘tech’는 기술, ‘noetics’는 철학에서 마음과 지성에 관련된 형이상학의 개념으로, 그리스어 마음(mind)을 의미하는 ‘nous’에서 어원을 찾을 수 있다. 따라서 테크노에틱스는 기술(technology)과 정신(noetic)의 결합어라고 할 수 있다.¹¹⁾ 이러한 개념을 통해 디지털 기술이 인간의 의식을 확장하고 영적 차원을 매개하는 도구가 될 수 있음을 주장한 그는 컴퓨터 네트워크와 사이버네틱스 시스템을 단순한 정보 처리 장치가 아닌, 가시적 세계와 비가시적 정신 세계를 연결하는 현대적 샤머니즘 매체로 테크노 샤머니즘 이론을 정의하였다. 이러한 그의 관점은 실제 샤머니즘적 체험에 그 뿌리를 두고 있다. 애스콧은 1997년 브라질에서의 실제적인 샤머니즘 의식 체험을 바탕으로 고대의 제의(祭儀, ritual)¹²⁾가 현대의 디지털 기

7) 고대의 샤머니즘적 세계관과 제의(ritual) 형식을 현대의 디지털 기술과 결합한 개념

8) 영국의 미디어 아티스트이자 이론가로, 텔레매틱 아트(telematic art)의 선구자

9) 테크노에틱스 이론을 기반으로 구현된 예술 형식

10) 기술(technology)과 정신(noetic)의 합성어로, 로이 애스콧이 주창한 개념

11) 이지언, 로이 애스콧(Roy Ascott)의 디지털 아트를 통해 살펴본 ‘테크노에틱’(Technoetic) 개념, (Trans-Humanities 7권 2호, 2014), 216-217쪽.

12) 신이나 초자연적 존재와 소통하기 위해 행하는 정형화된 의식

술을 통한 예술적 열망과 본질적으로 맞닿아 있음을 이론화하였다.¹³⁾ 또한 가시적 세계와 비가시적 세계를 연결하는 메신저 샤먼(messenger shaman)¹⁴⁾으로 규정하며, 샤먼을 의식을 돌보는 자이자 의식의 세계를 향해하는 존재로 정의하였다.¹⁵⁾ 즉, 샤먼이 현실과 비가시적 세계를 동시에 인지하는 이중 의식을 지녔듯, 현대의 미디어 아티스트 역시 네트워크와 데이터라는 비가시적 층위를 향해하며 의식을 확장하는 존재로 규정하였다.¹⁶⁾ 본 연구는 이러한 개념을 바탕으로, 디지털 매체가 단순한 정보 처리를 넘어, 가시적 현실과 비가시적 영적 세계를 상호 연결하고 매개하는 현대적 샤머니즘의 통로라는 관점을 수용하여, 작품 속 객귀의 존재를 구체적인 귀신의 형상이 아닌, 디지털 공간 안에서 부유하는 비선형적인 데이터의 흐름과 파동으로 정의한다.

둘째, 기술을 통해 제의적 수행성을 구현한 선행 미디어 아트 사례를 분석한다. 기존 오컬트 영화들이 시각적 공포 재현에 집중했다면, 미디어 아트는 기술을 통해 영적 경험을 감각화하는 데 주력해 왔다. 본 연구는 이러한 맥락에서 백남준(1932-2006)¹⁷⁾의 작품 중 다음 두 가지 사례를 중점적으로 분석한다.

첫 번째 작품은 절친한 친구이자 플럭서스(fluxus)¹⁸⁾ 동료였던 독일의 예술가 요셉 보이스(Joseph Beuys, 1921-1986)¹⁹⁾가 세상을 떠난지

13) Edward Shanken, Technoshamanism: Symbiotic Techniques of Art and Healing, Proceedings of the 28th International Symposium on Electronic Art (ISEA 2023), Paris, France, p.183.

14) 클라우디아 자크(Claudia Jacques)가 에스콧을 정의하며 사용한 용어

15) Claudia Jacques, Foreword: A Tribute to the Messenger Shaman: Roy Ascott, Cybernetics and Human Knowing, vol 25, nos. 2-3, p.6.

16) Claudia Jacques, Foreword: A Tribute to the Messenger Shaman: Roy Ascott, p.11.

17) 비디오 아트의 창시자이자 미디어 아티스트

18) ‘흐름’, ‘끊임없는 변화’를 뜻하는 라틴어에서 유래한 1960~70년대의 국제적인 전위 예술 운동

19) 독일의 행위 예술가이자 조각가

4년 후 백남준이 진오귀굿²⁰⁾ 기능 보유자인 박수 김석출(1922-2005)과 그의 처인 무당 김유선(1932-2010)을 초청하여 친구의 죽음을 추모하기 위해 한 퍼포먼스 <늑대 걸음으로(A Pas de Loup, 1990)>이다. 이 작품은 백남준이 퍼포먼스에서 직접 갓을 쓰고 스스로 무당이 되어 12명의 무당과 함께 굿판을 벌였으며, 늦대야, 늦요강, 지계, 유기 사발, 흙, 제사밥, 부적 등 한국 전통 오브제와 서양의 테크놀로지를 상징하는 텔레비전과 피아노, 보이스의 중절모 등을 제물로 사용하여 죽은 자의 영혼을 호출하고 시공간을 초월한 만남을 시도하였다. 이는 미디어 아티스트가 기술적 오브제를 통해 이승과 저승을 연결하고 시공간을 초월한 만남을 주선하는 테크노 샤먼으로서의 영적 역할을 수행하였음을 보여주는 결정적 사례이다.[그림-1]



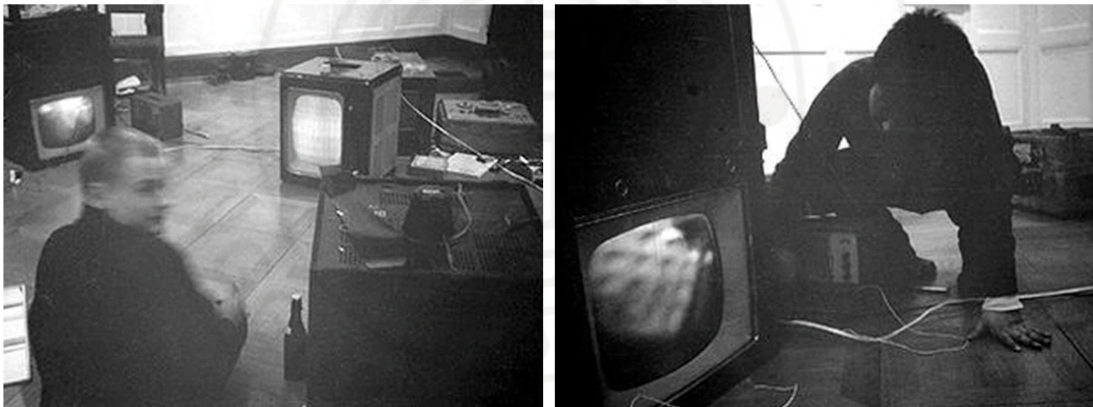
[그림-1] <늑대 걸음으로(A Pas de Loup, 1990)>²¹⁾

두 번째로 <참여 TV(Participation TV, 1963)>이다.[그림-2] 백남준에 의하면 “매체는 중세 신학적 개념으로 신과의 교접을 의미하고 굿

20) 죽은 사람의 영혼을 씻겨 저승으로 천도(遷度)하기 위해 행하는 서울·경기 지역의 전통 무속 의례

21) https://www.galleryhyundai.com/story/view/20000000086?utm_source

의 기원, 무당의 엑소시즘은 열, 몽골 말로 영혼을 의미한다. 열은 미디어와 유사어이며 미디어는 굿을 의미한다.”²²⁾ 이런 맥락에서 그의 비디오 아트는 무당의 굿과 유사성을 지니는 것이다. 백남준은 비디오 아트의 관객이 단지 수동적으로 보기만 하는 것을 원하지 않았다. 그의 초기작 <참여 TV(Participation TV, 1963)>는 관객의 마이크에 대고 내는 소리에 따라 텔레비전 화면의 파형이 실시간으로 변화하는 상호작용성을 분석한다. 이는 무당이 굿판에서 관객을 단순한 방관자가 아닌 적극적인 참여자로 끌어들이며 엑스터시를 공유하듯, 차가운 전자 기기를 인간의 행위(소리)에 반응하는 유기적인 영적 도구로 전환시킨 시도로 해석된다.



[그림-2] <참여 TV(Participation TV, 1963)>²³⁾

22) 김홍희, 백남준 - 해프닝 비디오 아트, (디자인하우스, 1999), 109-110쪽.

23) <http://www.medienkunstnetz.de/works/exposition-of-music/images/10/>

3. 샤머니즘의 감각적 특성과 미디어 재현 방식

본 연구는 작품의 제의적 모티브를 구체화하기 위해, 동양(한국 무속)과 서양(가톨릭 엑소시즘²⁴)의 샤머니즘적 특성을 비교 분석한다. 두 문화권은 비가시적 존재를 다룬다는 공통점을 가지나, 이를 대하는 태도와 제의의 구조, 그리고 감각적 표현 방식에서 뚜렷한 차이를 보인다. 본 절에서는 대중매체, 특히 오컬트 장르 영화에서 나타난 샤머니즘의 청각적·시각적 재현 방식을 분석하고, 이를 본 연구가 추구하는 미디어 아트적 표현 방식과 비교 고찰한다.

1) 청각적 특성과 영화적 재현

동양의 무속은 소리와 리듬 중심의 제의 구조를 가진다. 영화 <곡성(2016)>이나 <파묘(2024)>의 굿 장면에서 두드러지듯, 무속 의례의 청각적 핵심은 무령, 팽과리, 징, 제금 등 금속 타악기가 만들어내는 날카로운 고주파음과 불규칙한 박동이다.[그림-3] 특히 무당이 혼드는 무령 소리는 신을 부르는 호출 신호이다. 영화적 연출에서 이러한 사운드는 관객의 청각을 마비시키고 긴장감을 고조시키는 장치로 소비된다.

24) 헬라이어 ‘엑소르키스모스(exorkismos)’에서 유래한 용어로, ‘맹세로 묶다’, ‘강하게 명하다’라는 의미



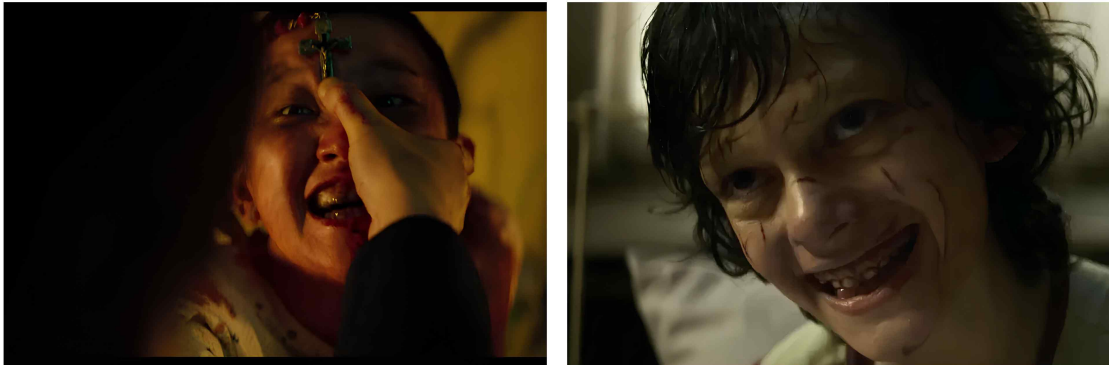
[그림-3] <파묘(2024)>²⁵⁾와 <곡성(2016)>²⁶⁾

반면, 서양의 엑소시즘은 언어와 명령 중심이다. 영화 <검은 사제들(2015)>이나 <엑소시스트: 더 바티칸(2023)>에서 구마 사제는 라틴어 기도문을 통해 악령의 이름을 묻고 퇴거를 명령한다.[그림-4] 이때 공포를 유발하는 주된 청각 요소는 악령에 빙의된 자가 내는 변조된 목소리이다. 인간의 성대에서 나올 수 없는 초저음이나 다중 음성(polyphonic voice)²⁷⁾은 인간성이 상실되었음을 알리는 청각적 기표로 작용한다.

25) <https://www.kmdb.or.kr/main>

26) tminews.co.kr/movie/article/52742/

27) 한 사람의 발화에서 서로 다른 음고(pitch)와 음색(timbre)을 지닌 두 개 이상의 목소리가 동시에 송출되는 청각 현상



[그림-4] <검은 사제들(2015)>²⁸⁾과 <엑소시스트: 더 바티칸(2023)>²⁹⁾

본 연구는 이러한 대중매체의 연출 방식을 답습하는 대신, 그 이면에 내재된 청각적 기제를 미디어 아트 기술적 언어로 재해석한다. 우선, 영화가 금속성 소음을 단순한 충격 효과로 소비했다면, 본 연구는 이를 granular synthesis의 재료로 삼아 소리의 미세한 입자감을 극대화한다. 방울 소리가 가진 비주기적 떨림을 디지털 노이즈(noise)로 분해하여, 언어로 규정할 수 없는 영적 에너지의 질감 그 자체를 청각화하는 것이다. 또한, 서양 엑소시즘 영화가 악령의 기괴함을 강조하기 위해 사용한 목소리 변조 방식은 pitch shift와 comb-filter 기술로 확장하여 적용한다. 영화 속 변조된 목소리가 대상의 인격성을 파괴하는 것에 그친다면, 본 연구는 무령 소리에 급격한 피치 변화와 comb-filter 특유의 배음 공명(resonance)³⁰⁾을 적용하여 공간 자체의 음향적 현실성을 파괴한다. 이를 통해 관객은 특정 대상(귀신)의 목소리가 아닌, 공간 전체가 기이하게 뒤틀리는 듯한 청각적 왜곡을 경험하며 심리적 긴장감을 느끼게 된다.

28) <https://www.youtube.com/watch?v=78AB4HHO8FE>

29) <https://www.geeksundergrace.com/movies/review-the-popes-exorcist/>

30) 진동계가 특정 주파수에서 진폭이 극대화되는 현상

2) 시각적 특성과 영화적 재현

시각적 측면에서 동양의 샤머니즘과 서양의 엑소시즘은 비가시적 존재의 현현을 표현하는 방식에서 뚜렷한 대조를 이룬다.

동양의 무속은 동적인 움직임과 색채의 상징성이 강조된다. 영화 <검은 사제들(2015)>이나 실제 도당할머니굿³¹⁾에서 나타나듯, 무당의 시각적 핵심은 정적인 기도가 아니라 격렬한 도무(跳舞)³²⁾와 칼을 사용하는 역동적인 퍼포먼스에 있다.[그림-5] 이때 무당의 신체는 신이 강림하여 요동치는 매개체가 되며, 붉은 피나 오방색(五方色) 깃발 등은 영적 에너지를 시각적으로 표출하는 강렬한 이미지를 형성한다.



[그림-5] 도당할머니굿³³⁾과 <검은 사제들(2015)>³⁴⁾

반면, 서양 엑소시즘 영화의 시각적 공포는 신체의 기괴한 변형과 성물(icon)³⁵⁾의 대립에 집중된다. 영화 <엑소시스트(The Exorcist)>나

31) 마을의 수호신인 ‘도당(都堂) 할머니’를 주신(主神)으로 모시며 마을의 안녕과 풍요를 기원하는 공동체 제의(communitary ritual)

32) ‘뛰면서(跳) 추는 춤(舞)’을 의미

33) <https://www.heritage.go.kr/main/?v=1764697008946>

34) <https://www.kmdb.or.kr/main>

<엑소시스트: 더 바티칸(2023)>에서 빙의자가 허리를 꺾거나 기이한 각도로 관절을 비틀며 걷는 등의 신체가 훼손되는 이미지는 악의 존재를 시각적으로 증명하는 수단이다. 동시에 십자가, 성수, 사제의 복장 등은 이러한 악을 제압하는 절대선의 상징으로 배치되어, 선과 악의 이분법적 시각 대립을 명확히 한다.[그림-6]



[그림-6] <검은 사제들(2015)>³⁶⁾과 <엑소시스트: 더 바티칸(2023)>³⁷⁾

본 연구는 이러한 무속의 핵심인 떨림과 기운을 추상화하는 데 주력한다. 영화 속 무당의 신체적 요동은 본 작품에서 자이로 센서 데이터로 치환되며, 이는 TouchDesigner³⁸⁾의 파티클 시스템을 통해 구체적인 형상이 없는 빛의 입자로 흩어진다. 관객은 귀신이나 괴물의 형체를 보는 것이 아니라, 공간을 휘감는 파티클의 불규칙한 움직임을 통해 보이지 않는 객귀의 존재를 감각적으로 상상하게 된다.

35) 가톨릭 전례나 구마 예식(exorcism)에서 사용되는 십자가, 성수, 영대(stole), 성경 등 신성한 상징물을 통칭

36) <https://www.kmdb.or.kr/main>

37) <https://film-grab.com/>

38) Derivative에서 실시간 영상·그래픽·인터랙션을 처리하기 위한 노드 기반 비주얼 프로그래밍 어플리케이션

4. 기존 샤머니즘 작품의 재해석 및 확장성

본 연구는 앞선 이론적 고찰과 사례 분석을 바탕으로, 전통 샤머니즘의 요소를 현대 미디어 아트 기술로 재해석하는 세 가지 핵심 방향을 설정한다. 첫째, 대상의 비가시화와 추상적 재현이다. 영화처럼 귀신이나 악령의 형상을 구체적인 그래픽으로 묘사하는 것을 지양한다. 대신 애스콧이 언급한 테크노에틱의 관점을 적용하여, 객귀의 존재를 형체 없는 에너지의 흐름으로 정의한다. 시각적으로는 TouchDesigner의 노이즈를 활용하여, 마치 악마가 속삭이는 듯한 비언어적 텍스트 혹은 고대 상형문자의 형상을 구현해 관객의 상상력을 자극한다. 또한 스님이나 무당의 제의 공간을 형상화한 3D 모델을 파티클 시스템으로 변환하고, 의식이 진행됨에 따라 입자들이 끊임없이 흩어지고 응집되는 과정을 통해 악과의 치열한 영적 사투를 추상적인 빛의 움직임으로 표현한다. 이때 악을 상징하는 적색을 주조색으로 사용하여 강렬한 시각적 인상을 부여하고 관객의 몰입도를 극대화한다. 청각적으로는 Max/MS P39)의 granular synthesis, comb-filter를 통해 부서지는 소리의 파편으로 표현하여 관객의 상상적 개입을 유도한다. 둘째, 공포의 감각적 전이이다. 일차원적인 공포가 아닌, 공간을 장악하는 심리적 긴장감을 구현한다. 이를 위해 동양 무속의 작품의 분위기를 이끄는 패드 사운드(pad sound)와 금속성 사운드(무령, 칼, 팽과리 등)를 비주기적 떨림을 디지털 신호 처리 기술로 변환한다. 특히 인간의 목소리에 pitch shift 기술을 적용해 음고를 비정상적으로 낮추거나 왜곡함으로써, 인간의 성대를 벗어난 악마의 이질적이고 위압적인 사운드를 구현한다. 나아가 인간의 가청 범위를 넘나드는 고주파 대역의 노이즈와 comb-filter를 이용한 공간 왜곡은, 관객으로 하여금 설명할 수 없는 기이함을 신체적

39) Cycling '74에서 개발한 시각적 프로그래밍 기반 오디오 신호 처리 환경

으로 감각하게 만든다. 셋째, 신체와 데이터의 동기화를 통한 인터랙티브(interactive)⁴⁰⁾ 제의 구축이다. 백남준이 퍼포먼스를 통해 직접 샤먼이 되었다면, 본 연구는 시스템 자체가 샤먼의 기능을 수행하도록 설계한다. 퍼포머(performer)의 신체에 부착된 자이로 센서(gyro sensor)는 무당의 점진 과정에서 나타나는 미세한 떨림을 데이터화하여 실시간으로 제어한다. 즉, 퍼포머의 떨림이 곧바로 디지털 공간의 입자들을 교란시키는 구조를 통해, 기술적 알고리즘이 영적 에너지를 매개하는 현대적 굿판을 완성한다.



40) ‘상호(inter)’와 ‘활동(active)’의 합성어로, 미디어 아트에서 작품과 관객(혹은 퍼포머) 사이의 쌍방향 소통 구조를 의미

II. 기술 연구

1. 사운드 프로세싱 연구

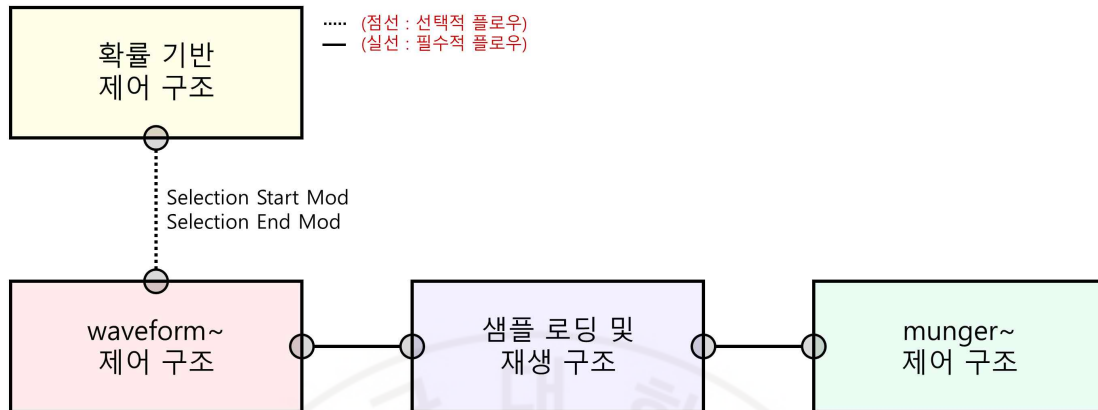
사운드 처리 부분은 마이크를 통해 입력되는 염(念)⁴¹⁾의 소리 및 무령을 흔들 때 발생하는 방울 소리가 입력 신호로 사용되며, 이 신호는 Max/MSP 환경에서 미리 설정한 프로세싱 값에 따라 변조된다. 실시간 프로세싱에 사용된 주요 기법은 granular synthesis, comb-filter, pitch shift이며, 각 기법의 파라미터는 공연 이전에 작곡 의도와 미적 기준에 따라 고정된 값으로 설정하였다. 실시간성은 파라미터 변화가 아니라, 시간에 따라 연속적으로 유입되는 입력 신호가 고정된 프로세싱 구조를 통과하면서 상시적으로 변형된 음향이 출력된다는 점에서 확보된다.

1) granular synthesis

granular synthesis는 입력된 음원을 극히 짧은 시간 단위의 입자인 그레인(grain)⁴²⁾으로 분절한 뒤 이를 재배열함으로써, 원 신호와는 다른 시간적·스펙트럼적 구조를 생성하는 방식이다. 이 방식은 연속적으로 들리는 음원조차 마치 떨리고, 흐트러지게 하며, 동일한 발성이나 타격음이라도 매순간 조금씩 변형된 형태로 재구성되는 음향적 불안정성을 특징으로 한다. [그림-7]은 이러한 granular synthesis를 Max/MSP 환경에서 구현한 신호 흐름을 도식화한 것이다.

41) 불교 의식에서 반복적 구송을 통해 정신을 집중·정결시키는 발성 행위

42) granular synthesis에서 사용되는 수 밀리초 길이의 미세한 음향 조각



[그림-7] granular synthesis 오디오 처리 도식화

① waveform~오브젝트 제어 구조

샘플의 특정 영역을 반복·확대·축소·이동하며 원하는 질감을 추출하기 위해, **waveform~**이 사용되었다. **waveform~**의 네 개의 hot inlet⁴³⁾에는 MIDI 컨트롤러와 **live.slider**오브젝트(편의를 위해 제작)를 통해 제어되었으며, **ctlin**오브젝트와 **scale**오브젝트 구조를 거쳐 **waveform~**의 hot inlet에 매핑되었다. 구체적으로 첫 번째 display start inlet은 파형 표시 시작점을 제어한다. 두 번째 display length inlet은 파형의 확대·축소(길이)를 제어하며, 세 번째 selection start inlet은 granular synthesis 재생 영역 시작점을 결정한다. 마지막으로 네 번째 selection end inlet은 재생 영역 종료점을 실시간으로 제어한다.

43) Max/MSP의 데이터 처리 구조에서, 데이터를 입력받는 즉시 해당 객체의 연산 과정을 실행하고 결과값을 출력하도록 설계된 인렛(inlet)을 의미



[그림-8] waveform~ 제어 구조

② 확률 기반 샘플 이동 구조

패치에서 **metro** 오브젝트, **counter** 오브젝트, **random** 오브젝트, **expr** 오브젝트로 구성된 알고리즘은 샘플의 탐색 위치를 확률적으로 변화시키는 핵심 구조이다. 이 시스템은 시간 기반 스캐닝(time-based scanning)⁴⁴⁾이 아닌 무작위 마이크로 스캐닝(randomized micro-scanning)⁴⁵⁾ 방식을 구현하여, 그래인이 샘플 전체를 불규칙하게 가로지르는 특유의 떠도는 존재 같은 사운드 텍스처(texture)를 형성한다.

44) 오디오 샘플을 재생할 때, 시작점부터 끝점까지 선형적인 시간의 흐름 (linear time)을 따라 순차적으로 읽어들이는 전통적인 재생 방식을 의미

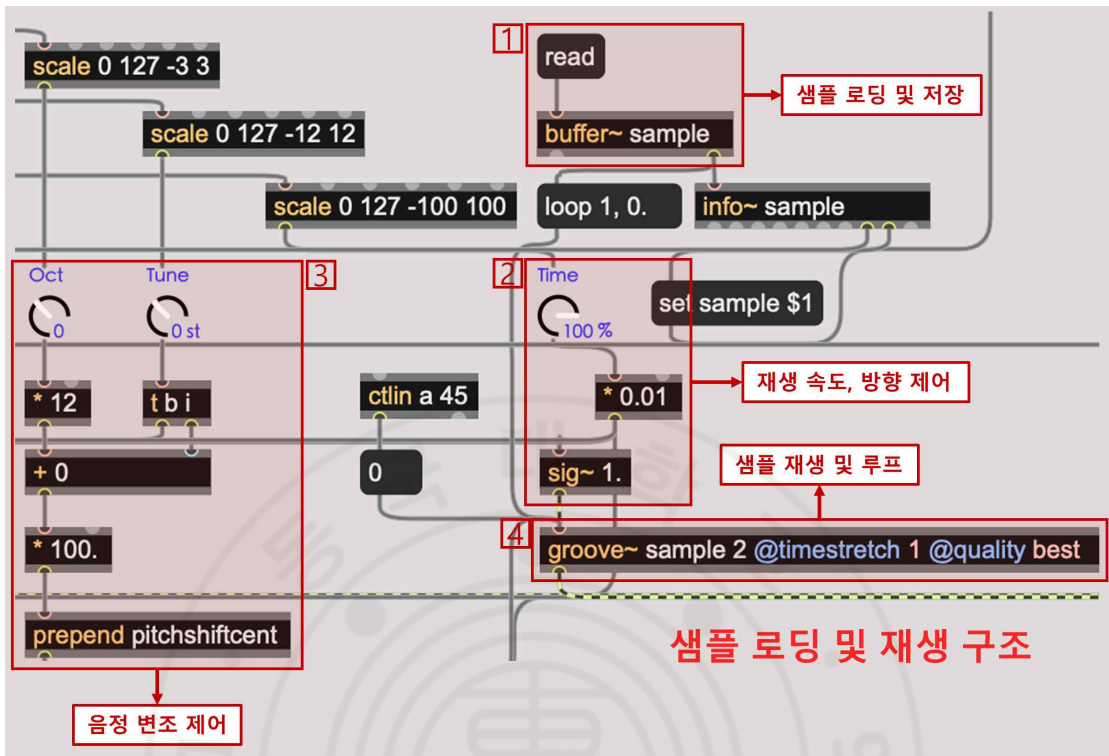
45) 전체 샘플을 아주 작은 단위(micro)의 구간으로 나눈 뒤, 선형적 순서를 무시하고 알고리즘에 의해 무작위로 선택된 지점을 재생하는 방식



[그림-9] 확률 기반 샘플 이동 구조

③ 샘플 로딩 및 재생 구조

granular synthesis 처리를 위한 음원 데이터는 **buffer~** 오브젝트에 저장되며, 모든 소스는 원본 녹음 → granular synthesis → 구조적 편집의 과정을 거쳐 제작되었다. 샘플 길이는 **info~** 오브젝트를 통해 파악되며, 재생은 **groove~** 오브젝트 기반으로 수행된다. **groove~**의 첫 번째 inlet은 재생 속도를 제어한다. **live.dial**(time) 값은 * 0.01 연산과 **sig~** 오브젝트 변환 과정을 거쳐 **groove~**에 입력되며, 이를 통해 재생 헤드의 이동 속도를 실시간으로 미세 조절할 수 있다. 특히 **groove~**에 @timestretch 1 속성을 부여하였는데, 이는 속도와 피치의 속도를 줄이면 음정도 함께 낮아지는 아날로그 테이프 변조 방식을 갖는 일반적인 구조와 달리, 속도 조절이 음정 변화와 분리된다는 특징이 있다. 즉, **sig~** 제어값이 낮아져 재생 속도가 느려지더라도 음고(pitch)는 일정하게 유지되며, 시간축(time domain)만 늘어나는 형태의 독립적인 타임스트레칭이 가능해진다.

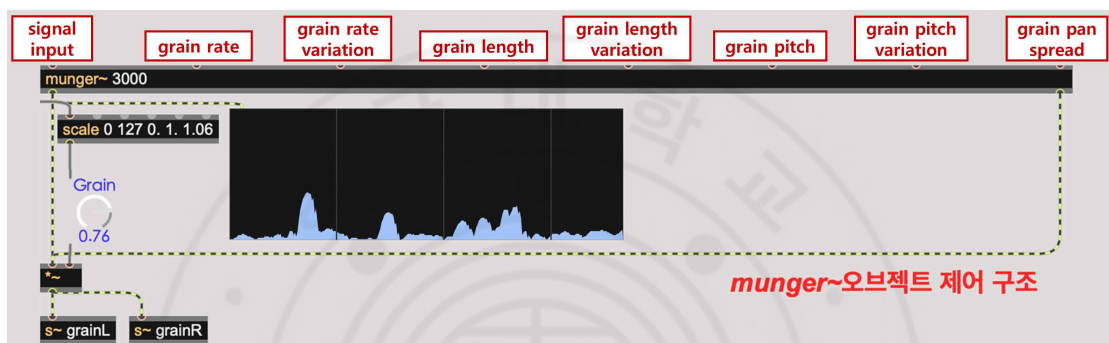


[그림-10] 샘플 로딩 및 재생 구조 패치

④ `munger~` 오브젝트 기반 granular synthesis 엔진 구조

`munger~`는 입력된 오디오 신호를 일정 길이의 그래인으로 분절한 뒤, 각각의 그래인에 대해 시간적·주파수적 변형을 독립적으로 적용하여 새로운 음향 질감을 생성한다. 먼저, grain rate와 grain rate variation은 그래인이 발생하는 밀도와 그 변동 폭을 조절하여, 출력 신호의 리듬적 안정성 또는 불규칙성을 결정한다. 또한 grain length와 grain length variation은 각 그래인의 지속 시간과 그 편차를 제어함으로써, 음향의 질감이 짧게 흩어지는지 혹은 길게 이어지는지를 규정한다. 이에 더해 grain pitch와 grain pitch variation은 입력 신호의 주파수 성분을 실시간으로 이동시키거나 분산시켜, 음고 중심을 바꾸거나 화음 클러스터와 같은 분산된 스펙트럼 구조를 형성한다. 마지막

으로 grain pan spread 제어는 각 그래인을 스테레오 공간에서 서로 다른 위치로 배치하여, 음향의 확산도와 공간적 입체감을 결정한다. 이러한 제어 변수들이 결합되어 **munger~**는 동일한 입력 신호로부터도 매 시점마다 조금씩 다른 미세 구조를 생성함으로써, 본 작품의 핵심적인 불안정한 음향 질감을 형성한다.



[그림-11] **munger~** 제어 구조

다음은 **munger~**의 주요 hot inlet 기능을 정리한 표이다.<표-1>

<표-1> **munger~ hot inlet** 기능 요약

Hot Inlet	제어 요소	기능 설명
1	signal input	처리하고자 하는 원본 오디오 신호를 입력받는 곳으로, 입력된 소리는 실시간으로 샘플링되어 granular synthesis 효과가 적용될 대상이 됨
2	grain rate	단위 시간당 생성되는 그레인의 양(밀도)을 결정하며, 값이 증가할수록 텍스처가 조밀하고 밀도 높은 소리를 형성함
3	grain rate variation	그레인 생성 간격에 불규칙성을 부여하여, 생성 타이밍의 변동성을 증가시킴
4	grain length	하나의 그레인이 지속되는 시간을 결정하여 음원의 전반적인 질감에 영향을 줌
5	grain length variation	그레인 길이의 편차를 제어하며, 값이 커질수록 길이와 진폭이 불규칙하게 변화하는 패턴을 생성함
6	grain pitch	개별 그레인의 절대적인 음고(pitch)를 제어하여, 재생 주파수를 직접 변화시킴
7	grain pitch variation	개별 그레인의 미세한 음고에 불규칙한 변화를 주어, 변형된 음색이나 합성된 소리를 구축하는 데 기여함
8	grain pan spread	그레인의 스테레오 공간 확산 정도를 결정하며, 높은 값은 입자들이 공간을 가로지르며 흩뿌려지는 공간적 분산 효과를 냄

2) comb-filter processing

comb-filter는 입력 신호와 일정 시간 지연된 신호를 합성하여 빗살 형태의 주파수 응답 패턴을 만들어내는 필터 구조이다. 이는 일정 간격의 공명과 감쇠가 연속적으로 배열되는 독특한 스펙트럼을 형성한다. 본 작품에서는 단순한 공간감 생성이 아니라 의식적 긴장감, 메아리적 음색, 공명 기반의 비물질적 텍스처를 구축하기 위한 핵심 음향 도구로 사용되었으며, 테이프음악 제작 단계와 실시간 사운드 구조 모두에서 중요한 역할을 수행한다.

① comb-filter 패치 구조 개요

comb-filter 패치 구조는 Max/MSP의 **comb~** 오브젝트를 중심으로 구성되었다. 패치 구조는 동일한 샘플 소스(**buffer~ sample**)가 granular synthesis 패치(**munger~**) 또는 comb-filter 패치(**comb~**) 및 두 프로세싱의 조합형 패치로 다양하게 재가공될 수 있도록 설계되었다. 이 구조는 하나의 동일한 샘플로부터 전혀 다른 음향적 결과물을 도출할 수 있도록 하며, 작품의 서사적 흐름에 맞추어 음향의 물성을 유연하게 재구성할 수 있다. [그림-12]는 이러한 comb-filter를 Max/MSP 환경에서 구현한 신호 흐름을 도식화한 것이다.



[그림-12] comb-filter 오디오 처리 도식화

② comb~ 파라미터 및 제어 방식

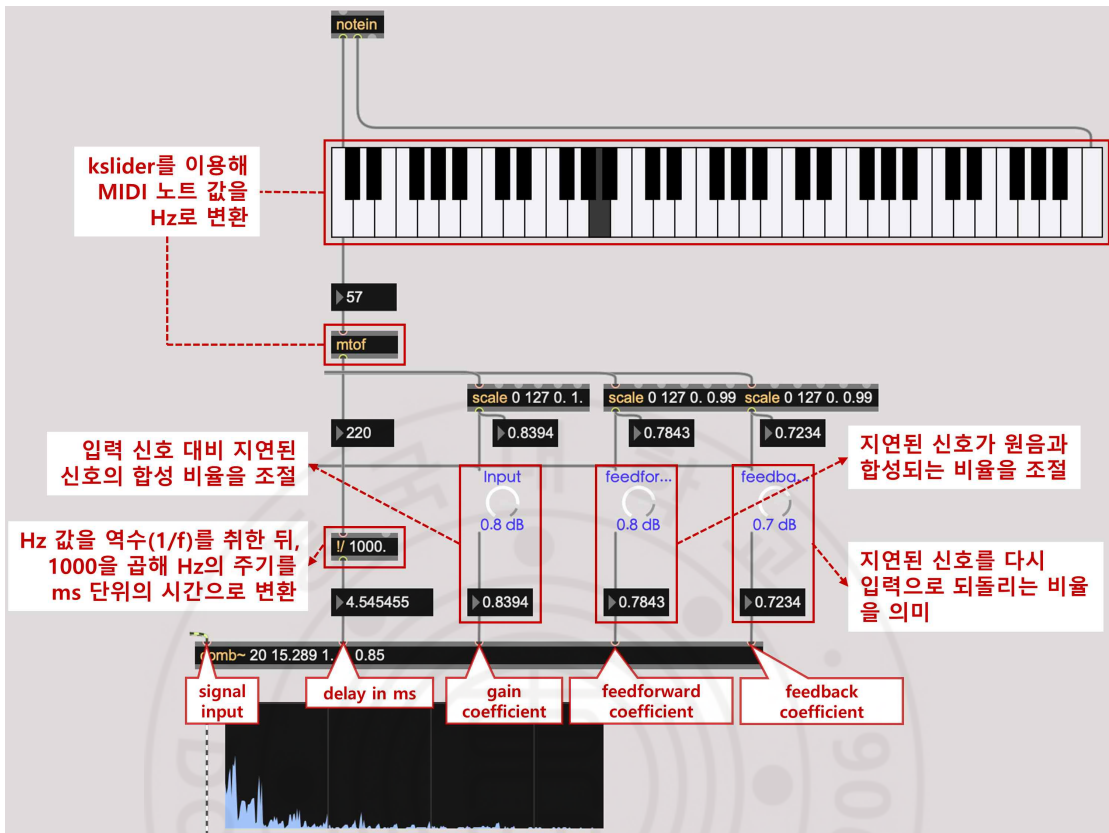
먼저 파라미터 제어는 **notein** 오브젝트의 MIDI⁴⁶⁾ 노트와 MIDI 컨트롤러를 이용한다. 첫 번째로 delay in ms(2번 hot inlet)는 MIDI 컨트롤러의 건반에서 입력된 MIDI 노트 값을 **mtof** 오브젝트와 **!/100** 오브젝트를 거쳐 **comb~**의 2번 hot inlet에 연결하였다. 이 과정은 M

46) 전자 악기, 컴퓨터, 오디오 기기 간의 디지털 신호 전송을 위한 국제 통신 규약

IDI 음고를 주파수(Hz)로 변환하고 다시 시간(s)으로 역변환함으로써, 건반을 음향적 공간의 크기를 조절하는 도구로 활용하도록 설계되었다.

두 번째로 gain coefficient(3번 hot inlet)는 입력 신호 대비 지연 신호의 크기를 조절하는 파라미터이다. 이 값은 MIDI 컨트롤러의 노브를 통해 수신되어 **scale**을 거쳐 실시간으로 조절되었다. gain 값이 높을수록 comb-filter 특유의 강한 공명이 증가한다.

세 번째로 feedforward/feedback coefficient(4, 5번 hot inlet) 또한 MIDI 컨트롤러 노브를 통해 조절되었으며, 이 두 매개변수의 변화는 comb-filter의 음향적 특성을 결정하는 핵심 요소로 작용한다. 우선 feedforward coefficient는 입력 신호가 지연된 신호와 혼합되는 비율을 의미하는데, 이는 comb-filter 스펙트럼의 패턴 구조·깊이·선명도를 결정한다. feedforward 비율이 증가할수록 특정 주파수에서의 상쇄 및 강화가 더욱 도드라지며, 결과적으로 노치(notch)와 피크(peak)의 대비가 뚜렷해진다. 반면 feedback coefficient는 지연된 신호가 다시 입력으로 되돌아오는 비율을 제어하는 요소로서, feedback 값이 높아질수록 동일한 지연 신호가 반복적으로 누적되며 공명성이 강조되고, 이는 마치 특정 주파수 대역이 의식 공간 안에서 끝없이 울려 퍼지는 것과 유사한 장시간의 잔향을 형성한다. 반대로 feedback 값을 낮추면 공명 지속 시간이 짧아지고, 필터의 응답이 보다 드라이(dry)하고 선형적으로 유지된다. 요약하면, feedforward는 comb-filter 패턴의 밀도·대비를 결정하고, feedback은 해당 패턴의 시간적 지속성·공명 강도를 조절하는 역할을 수행한다. 이러한 설정을 통해 **comb~**의 스펙트럼 변형과 시간적 잔향 특성을 정교하게 제어할 수 있으며, 각각의 주요 hot inlet 및 조절 가능 파라미터는 <표-2>에 정리하였다.



[그림-13] comb~ 제어 구조

<표-2> comb~ hot inlet 기능요약

Hot Inlet	제어 요소	기능 설명
1	signal input	처리하고자 하는 원본 오디오 신호를 입력받는 곳으로, 입력된 소리는 실시간으로 샘플링되어 comb-filter 효과가 적용될 대상이 됨
2	delay in ms	주파수 응답 패턴의 간격을 결정하며, 짧을수록 급속적 공명이 형성됨
3	gain coefficient	입력 신호 대비 지연 신호의 합성 비율을 조절하여 공명의 강도를 제어함
4	feedforward coefficient	comb-filter 패턴의 균질도 및 잔향의 균형을 결정함
5	feedback coefficient	지연 신호를 재입력하는 비율로, 공명성과 잔향의 꼬리 길이를 제어함

3) pitch shift

pitch shift는 기괴함과 공간성을 강조하기 위한 변조 방식으로, 앞서 서양의 오컬트 매체에서 다루어진 악마적 음성 연출을 차용하여 사용한다. 여기에 적용된 pitch shift 입력 신호의 재생 속도와 시간축을 조절하지 않고 음높이만을 변화시키는 실시간 신호처리 기법이다. 본 작품에서는 퍼포머가 입을 외울 때의 목소리에 pitch shift 효과를 적용하여, 인간 음성의 범위를 벗어나는 듯한 비인간적 음색을 형성하였다. 피치 이동량과 관련 파라미터는 공연 이전에 고정값으로 설정되며, 실시간으로 들어오는 발성 신호가 이 구조를 통과하면서, 동일한 음고 범위 안에서도 공명 구조와 포먼트(formant)⁴⁷⁾의 질감이 변화된 음성으로 출력된다. 특히 낮은 음역대로의 피치 이동은, 입을 외우는 목소리를 초월적 존재의 발화처럼 들리게 하며, 떠도는 령과 객귀의 현현이라는 작품의 주제를 음향적으로 부각한다. 본 작품에서는 음원 기반 pitch shift 처리와 실시간 pitch shift 기반 라이브 음성 변조를 사용했다.

먼저 음원 기반 pitch shift 처리는 사전 녹음된 음원은 **buffer~sample** → **prepend** 오브젝트 → **groove~sample 2 @timestretch 1 @quality best**로 이어지는 일련의 처리 경로를 따른다. 우선 모든 음원은 **buffer~**에 로딩되며, **groove~**는 timestretch를 1로 고정하여 재생 속도를 유지한 채 음높이만 독립적으로 이동시킬 수 있는 구조로 설정되었다. 피치 이동량은 두 개의 조절 인터페이스를 통해 산출된다. oct 노브는 **scale 0 127 -3 3**으로 매핑되어 -3~+3 옥타브 범위의 조작값을 생산하며, 이후 *12 연산을 거쳐 반음(semitone) 단위로 환산된다(-36~+36 st). tune 노브는 **scale 0 127 -12 12**로 스케일링되어

47) 성도(vocal tract)의 물리적 형태에 의해 결정되는 음성의 고유한 공명 주파수 대역을 의미

- 12~+12 st 범위의 미세 조정을 담당한다. 두 값의 합산 과정에서는 **t b i** 오브젝트를 배치하여 연산 시점을 제어하였다. 이는 우측 cold inlet⁴⁸⁾의 데이터 변화를 강제로 트리거하여, 미세 조정(tune) 값만 변경되더라도 전체 합산 결과가 즉시 갱신되도록 보장한다. 두 값(반음 단위)은 합산된 후, **groove~**의 제어 단위인 센트(cent)⁴⁹⁾로 환산하기 위해 * 100 연산 과정을 거친다(1 semitone = 100 cents). 최종적으로 계산된 값은 pitchshiftcent \$1 메시지 형태로 **groove~**에 전달되어 실제 피치 변조가 적용된다. 이 구조를 통해 음원 소스는 시간적 구조를 유지한 상태에서 수십 반음 범위의 극단적 피치 이동이 가능하며, 특히 저역으로의 피치 이동은 포먼트(formant) 구조를 무겁고 낮설게 변조하여 비인간적·초월적 음색을 형성하는 데 핵심적으로 기여한다. 이러한 특성은 작품이 다루는 객귀(客鬼)의 현현이라는 서사적 주제와 맞물려, 인간 발화 너머의 존재감을 청각적으로 구현하는 역할을 수행한다.

48) Max/MSP의 데이터 처리 방식에서, 데이터를 수신하여 저장하기만 하고 해당 오브젝트의 연산이나 출력을 즉시 트리거(trigger)하지 않는 인렛(inlet)을 의미

49) 음정(interval)을 측정하는 로그 단위의 척도



[그림-14] 음원 기반 pitch shift
Max/MSP 패치

다음으로, 실시간 pitch shift 기반 라이브 음성 변조에서는 퍼포머가 실제 공연 중 발화하는 목소리를 여러 개의 **pitchshift~** 오브젝트가 배치된 실시간 변조 구조를 통해 처리된다. 마이크 입력 신호는 좌·우 채널로 분리된 후, 각각 -3~+3 st, -9~+9 st, -12~+12 st 등 서로 다른 피치 변조 범위를 갖는 **pitchshift~**로 동시에 라우팅된다. 실시간 피치 이동량은 MIDI 컨트롤러에서 수신한 값을 **scale**을 통해 센트 단위로 변환되며, **pack** 오브젝트 → **line** 오브젝트 구조를 사용하여 부드럽게 보간⁵⁰⁾된 형태의 피치 변화로 출력된다. 각 모듈은 독립적인 quality 인자와 mix level을 갖도록 설계되었다. 결과적으로 퍼포머의 한 번의 발성은 저역으로 크게 내려간 음성, 고역으로 치솟는

50) 두 개의 데이터 값 사이를 수학적 알고리즘(선형, 곡선 등)으로 채워 부드럽게 연결하는 과정

음성, 좁은 범위에서 미세하게 떨리는 음성이 다층적으로 중첩된 스펙트럼으로 재구성된다. 이는 인간 음성과 비인간적 음향의 경계를 흐리게 만들며, 염·악마 대사·신음과 같은 의식적 발성을 접신 혹은 타 존재의 발화로 지각하게 하는 심리적·서사적 효과를 극대화한다.



[그림-15] 실시간 기반 pitch shift Max/MSP 패치

4) 패드 사운드의 granular synthesis, comb-filter 적용

본 작품에서 대표적으로 각 소스가 갖는 제의적 분위기·물리적 질감·의미적 역할을 극대화하기 위한 설계에 따라 granular synthesis, comb-filter가 적용되었다.

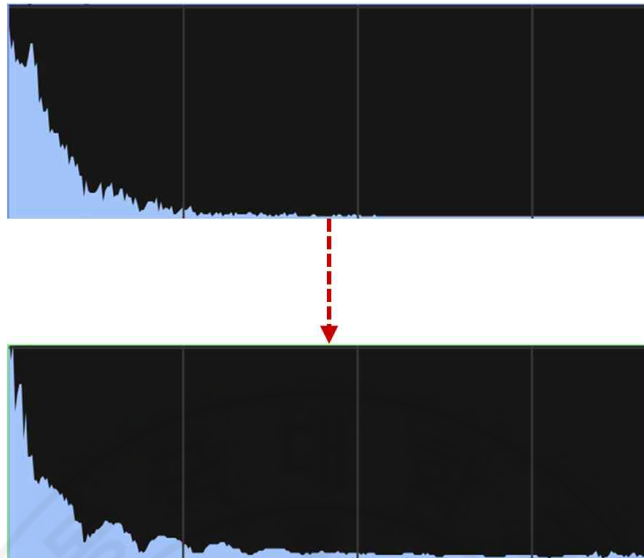
① granular synthesis를 적용한 방식

패드 사운드 음원은 **groove~**로 로딩되며, 패드 음원이 배경음을 구성하는 용도임을 반영하여 granular synthesis에서도 패드가 가지는 안정성을 유지하는 것이 중요하다. 이를 위해 grain rate는 16.093 ms로 설정하여 단위 시간당 많은 그래인이 생성되도록 하였다. 이렇게 하면 패드 음원이 지녀야 하는 끊김 없는 연속성을 확보할 수 있다. 반면 grain rate variation을 1.905 ms로 매우 낮게 설정하여 그래인 발생 시점의 불규칙성을 줄였고, 이를 통해 배경음에 필요한 리듬적 안정성과 지속적인 텍스처를 유지하였다. 질감 측면에서는 grain length를 458.01 ms로 길게 설정해 개별 그래인들이 넓게 겹치도록 했다. 이 구조는 음향의 두께와 공간적 깊이를 만드는 데 효과적이며, 드론(drone) 형태의 배경층을 형성하는 데 큰 역할을 한다. grain pitch의 값으로 0.5를 사용하여 원음보다 약 1옥타브 낮은 영역을 강조하였고, 이를 통해 패드 배경층의 저역 안정감을 강화했다. grain pitch variation은 0.076으로 설정해 아주 좁은 범위에서만 음정 변화를 주어, 전체 질감의 안정성을 유지하면서도 내부적으로는 작은 움직임을 만들어 자연스러운 생동감을 부여한다. 파형에서도 이러한 변화가 확인된다.[그림-16] 원본 파형은 초기 어택 이후 에너지가 빠르게 일정해지는 부드러운 감쇠 형태를 보이지만, **munger~**로 처리된 파형은 길게 겹쳐진 그래인들로 인해 훨씬 밀도 높은 연속적 질감을 갖는다. 특히 하단 파형에서는 중·저역

에너지 증가가 뚜렷하며, 이는 grain pitch 0.5 설정으로 인해 저음이 강화된 결과이다. 즉, granular synthesis를 통해 원본의 큰 흐름은 유지하면서도, 세부적으로는 더 높은 스펙트럼 밀도와 공간감을 가진 음향으로 재구성되었음을 보여준다. 마지막으로 grain pan spread는 0.8의 값을 적용하여 그래인을 스테레오 공간 전체에 넓게 분산시켰다. 이 설정은 단일 모노 음원의 한계를 줄이고, 시각적 요소와 어울리는 넓은 공간감을 만들어 패드 음원의 공간적 확산을 강화한다.

<표-3> 파라미터 값과 음향적 효과

항목	파라미터 값	기능 설명
grain rate	16.093	그래인 간 간격이 약 16ms 수준으로 매우 촘촘하게 생성됨 → 전체적으로 지속적이고 연속적인 질감을 형성하며, 끊김 없는 노이즈성 텍스처를 제공함
grain rate variation	1.905	그래인 생성 간격이 불규칙하게 변동 → 미세한 떨림, 불안정성, 변동성이 증가, 매 순간 조금씩 다른 질감이 나타남
grain length	458.01	각 그래인의 길이가 약 0.46초로 상당히 길게 설정됨 → 부드럽고 흐릿한 질감, 원본 음색의 일부가 더 길게 보존되어 지속음적 성격이 강화됨
grain length variation	67.794	그래인 길이가 약 ±68ms 범위에서 변동 → 길이가 매번 조금씩 변화하여 음향의 유동성과 예측 불가능성이 증가함
grain pitch	0.5	원본 대비 1옥타브 낮은 음고 → 전체 음향이 저주파 중심·어둡고 무거운 질감으로 변화함
grain pitch variation	0.076	음고 변동폭이 약 ±0.076(약 ±0.2 semitone 수준) → 음고가 살짝 흔들리는 코러스·디튠 효과가 발생함
grain pan spread	0.8	그래인이 좌우로 넓게 퍼져 배치됨 → 넓은 공간감, 스테레오 필드에서의 입체적 확산 효과가 강해짐



[그림-16] 스펙트럼의 변화

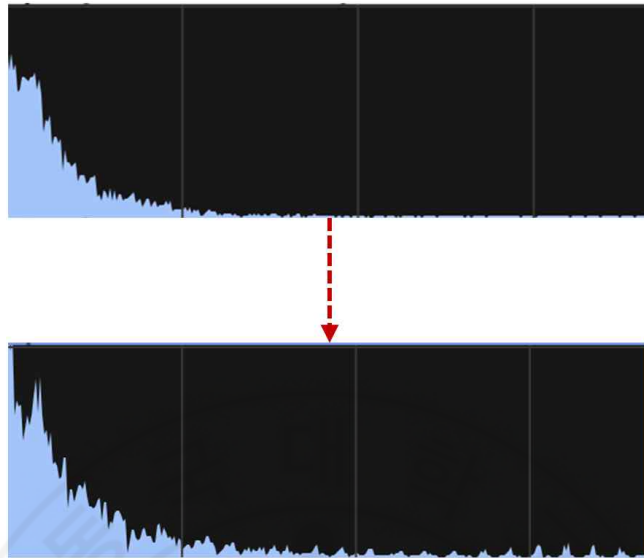
② comb-filter를 적용한 방식

comb-filter가 적용된 패드 사운드의 구조를 보면, delay in ms는 33.333 ms로 설정되었으며, 이는 비교적 짧은 값을 통해 공명 간의 간격을 넓게 형성하는 설계적 선택이다. 이러한 설정은 기본 패드 음색 위에 성당, 법당과 유사한 공간적 공명감을 부여하는 데 기여한다. gain coefficient는 0.8035로 조정하여 comb-filter 과정에서 발생할 수 있는 레벨 상승을 억제하고, 원래 패드 음색의 고유한 질감과 음압감을 유지하는 동시에 공명 피크에서의 과도한 왜곡 가능성을 방지하였다. feedback 비율은 comb-filter 패턴에서 노치와 피크의 대비도를 결정하며, 해당 값이 0.543으로 설정됨으로써 패드의 부드러운 주파수 스펙트럼이 지나치게 분절되지 않도록 제어되었다. 반면, 높은 feedback 값(0.9001)은 지연 신호가 다회 누적되도록 하여 공명성이 강화되고, 결과적으로 긴 잔향이 패드 사운드 전체를 감싸는 지속적 공간 텍스처를 형성한다. 이러한 파라미터 조합이 만들어내는 스펙트럼 변화는 파형

비교에서도 확인된다.[그림-17] 상단 **groove~**의 원본 파형은 비교적 일정한 에너지 분포를 보이며, 장시간 유지되는 안정적인 앰비언스 형태를 띠고 있지만 하단 **comb~** 처리 파형에서는 저·중역을 중심으로 한 공명 피크가 규칙적으로 증가하며, 피크 사이의 노치들이 주기적으로 나타나는 comb-filter 특유의 주파수 응답이 시각적으로 반영된다. 특히 feedback이 높게 설정되어 있기 때문에 파형 하단부에서 잔향적 에너지가 길게 이어지고, 각 공명 피크가 마치 공간 내부에서 다중 반사되는 양상처럼 지속적으로 재강조된다. 이와 같은 스펙트럼적 변화는 comb-filter가 단순한 주파수 분절이 아니라, 특정 지연 값을 기반으로 형성되는 주기적 공명구조를 통해 패드 음색에 성스러운 공간성을 부여함을 의미한다. 결과적으로, 단일 패드 사운드는 장시간 공간을 채우며 울리는 신비적·초월적 음향 분위기를 형성하게 된다.

<표-4> 파라미터 값과 음향적 효과

항목	파라미터 값	기능 설명
delay in ms	33.333	비교적 짧은 지연값으로 comb-filter 공명 간격이 넓게 형성됨 → 특정 성당·법당과 유사한 공간적 울림을 패드 위에 부여
gain coefficient	0.8035	입력 대비 지연 신호의 레벨을 조절하여 레벨 상승을 억제함 → 원본 패드의 질감을 유지하면서도 공명 피크의 과도한 왜곡을 방지함
feedforward coefficient	0.543	comb-filter에서 노치(notch)와 피크(peak)의 대비도를 결정 → 대비도를 과도하게 높이지 않음으로써 패드의 부드러운 스펙트럼이 지나치게 분절되지 않도록 유지함
feedback coefficient	0.9001	지연 신호의 반복·누적 비율을 제어하며 공명성 및 잔향 지속 시간을 결정 → 높은 feedback으로 인해 긴 잔향과 지속적인 공간 텍스처가 생성되고, 패드 전체가 넓은 공간에 울려 퍼지는 듯한 효과를 형성함



[그림-17] 스펙트럼의 변화

5) 금속 사운드의 granular synthesis, comb-filter 적용

본 작품에서는 원본 소스를 단순 편집한 것이 아니라 granular synthesis, comb-filter → pitch shift → reverb/delay의 구조적 조합을 거쳐 제작되었다. comb-filter는 다음과 같은 미적 목적을 위해 사용되었다.

① granular synthesis를 적용한 방식

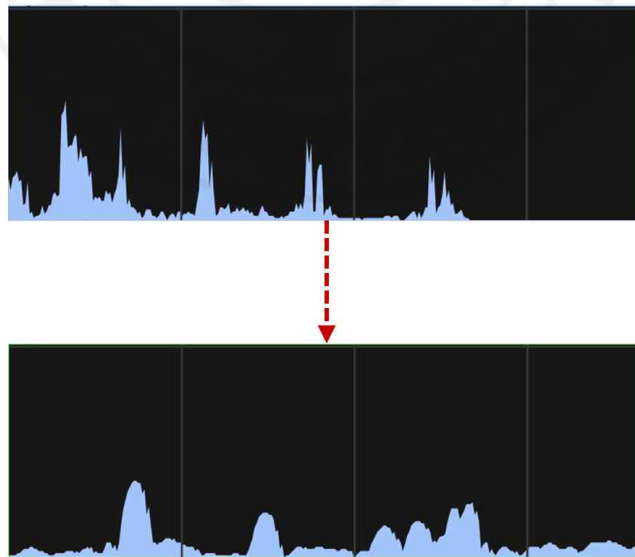
첫 번째로 granular synthesis를 적용한 무령의 경우 소리 샘플은 **groove~**를 통해 로딩되며, 화면에 보이는 파형은 실제 타격음의 에너지와 감쇠 특성을 보여준다. 타격 직후 강한 트랜지언트(transient)⁵¹⁾

51) 소리가 시작되는 순간(attack)에 발생하는 짧고 강렬한 비주기적 파형을 의미

가 발생하고, 이후 금속 공명에서 나온 작은 잔향이 천천히 줄어드는 형태이다. 이 감쇠 구조는 무령의 물리적 특성과 직접 연결되므로, granular synthesis 과정에서도 그대로 유지하는 것이 중요하다. 이를 위해 grain rate를 139.59 ms로 설정해 실제 타격 간격과 비슷한 밀도로 그래인이 생성되도록 하였다. 또한 grain rate variation를 54.4 ms로 설정해 무령을 흔들 때 자연적으로 생기는 미세한 시간 변화와 불규칙함을 반영하였다. 음색을 위해 grain length는 3.452 ms로 매우 짧게 설정해 금속 타격음의 고역 성분을 유지하고, grain length variation은 0.756 ms로 적용해 그래인의 길이를 조금씩 다르게 하여 결과 음색이 더 자연스럽게 퍼지도록 만들었다. grain pitch는 약 1옥타브(2.247배)로 상승시켜 고주파 성분과 금속적인 에지를 더 뚜렷하게 표현하였다. 원본 파형은 타격들이 뚜렷하게 떨어진 이산적 구조를 보이지만, **munger~**로 재합성된 파형은 여러 그래인이 겹쳐 연속적인 텍스처로 바뀐다.[그림-18] 이는 granular synthesis를 통해 개별 타격음이 하나의 흐름을 가진 질감으로 재조합되었음을 보여준다. 마지막으로 grain pan spread의 값을 0.9로 사용해 그래인이 스테레오 공간에 넓게 퍼지도록 하여, 점 음원적인 원음보다 더 확산된 공간감을 구현하였다. 이는 실제 무령 사용 환경에서 들리는 다중 반사 특성을 디지털 환경에서도 재현하기 위한 설정이다.

<표-5> 파라미터 값과 음향적 효과

항목	파라미터 값	기능 설명
grain rate	139.59	그레인 생성 간격을 실제 타격 간격과 유사하게 설정 → 타격음의 이산적(percussive) 시간 구조를 유지하면서도 granular synthesis의 자연스러움을 확보함
grain rate variation	54.4	그레인 간격에 불규칙성을 부여 → 무령을 흔들 때 자연적으로 발생하는 미세한 시간적 흔들림·불안정성을 반영하여 실제 물리적 움직임의 느낌을 재현함
grain length	3.452	매우 짧은 그레인 길이 → 금속 타격음의 고역·트랜지언트 성분을 선명하게 유지하며, 공명보다 어택 성분이 강조된 음색을 형성함
grain length variation	0.756	그레인 길이를 미세하게 변화 → 금속 잔향의 불규칙한 퍼짐을 표현하여, 과도하게 기계적이지 않고 자연적 확산감을 부여함
grain pitch	2.247	약 1옥타브 상승된 피치 → 금속적인 에지(edge)와 고주파 특성을 강조하고, 실제 무령의 밝고 날카로운 음색감을 강화함
grain pitch variation	0.0917	음고에 미세한 흔들림을 추가하여 울림의 불규칙성과 실제 공간 반사와 비슷한 미세한 떨림을 생성함
grain pan spread	0.9	그레인을 넓은 스테레오 필드에 분산 → 타격 지점보다 넓게 퍼지는 공간적 확산을 구현하고, 실제 무령의 다중 반사감을 디지털 환경에서 재현함



[그림-18] 스펙트럼의 변화

② comb-filter를 적용한 방식

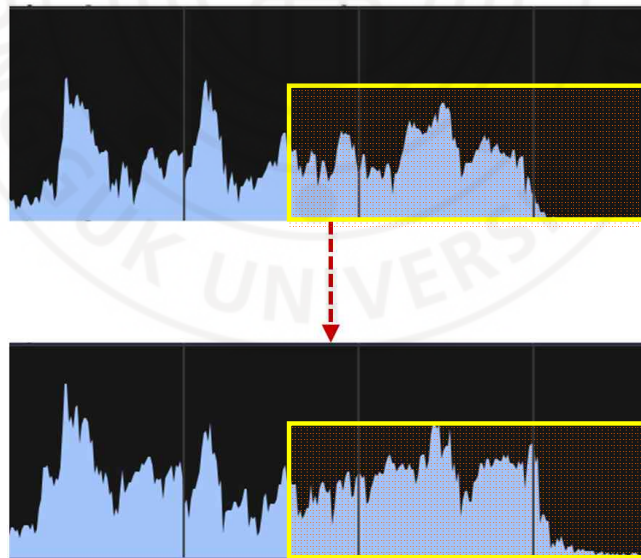
두 번째로 comb-filter가 적용된 방울 소리는 단순한 금속 타격음이 아니라, 의식 공간 전체로 퍼지는 에너지 파동처럼 들리도록 설계되었다. delay in ms는 71.43 ms로 설정되었으며, 이는 단일 타격 뒤에 생성되는 피크 간격을 넓게 확보하여 층층이 겹쳐지는 잔향을 형성하기 위한 값이다. 이렇게 긴 지연값은 방울 잔향이 빠르게 반복되지 않고 여러 층으로 퍼지는 울림을 만들며, 이를 통해 공간 전체를 감싸는 의례적 울림이 자연스럽게 구현된다. gain coefficient는 0.673으로 설정하여 원음의 어택과 금속 질감을 유지하면서도, comb-filter로 인한 과도한 레벨 상승을 방지해 안정적인 출력 레벨을 확보했다. feedforward(0.896)와 feedback(0.592)은 각각 방울의 반짝이는 금속성 음색과 지속적 울림을 표현하는 데 중요한 역할을 한다. 높은 feedforward 값은 원음과 지연 신호의 위상 간섭을 강화하여 comb-filter 특유의 피크/노치 구조를 선명하게 만들고, 금속 배음을 밝게 부각시킨다. 중간 수준의 feedback 값은 지연 신호가 일정 횟수만 반복되도록 조절해 잔향이 지나치게 길어지는 것을 막으면서도, 실제 방울이 울릴 때의 잔잔한 진동감을 자연스럽게 유지한다. 이러한 설정은 파형에서도 뚜렷하게 나타난다.[그림-19] **groove~**에서 재생한 원본 방울 소리는 강한 어택 이후 중·고역 에너지가 빠르게 사라지는 전형적인 금속 타격 형태를 보인다.

반면 **comb~** 처리된 신호는 일정 간격의 공명 피크와 노치가 반복되는 comb-filter 특유의 주파수 구조를 형성한다. 긴 delay time 때문에 피크 간격이 넓게 벌어지며, 중·고역의 특정 공명 주파수가 더욱 강조된다. 또한 feedback의 영향으로 피크의 지속 시간이 증가해, 파형 하단에서 잔향적 에너지가 오래 이어지는 모습이 확인된다. 이 변화는 방울 소리의 불규칙한 스펙트럼이 comb-filter를 통해 보다 구조적인 공명 패턴으로 재편성되었음을 의미하며, 단일 타격음이 여러 층의 금

속성 공명층으로 확장된 결과를 만든다.

<표-6> 파라미터 값과 음향적 효과

항목	파라미터 값	기능 설명
delay in ms	71.43	비교적 긴 지연값으로 피크 간격이 넓게 형성됨 → 단일 타격 뒤 잔향이 빠르게 반복되지 않고 층층이 겹쳐지는 금속성 울림을 생성함, 실제 의식 공간처럼 넓고 깊은 파동성 잔향을 구현함
gain coefficient	0.673	원음의 어택·타격 질감을 유지하면서 comb-filter로 인한 레벨 폭주를 억제함 → 안정적인 출력 레벨 확보 및 과도한 공명 왜곡 방지
feedforward coefficient	0.896	위상 간섭을 강하게 만들어 comb-filter 특유의 선명한 피크/노치 구조를 형성함 → 방울의 밝은 금속 배음을 강조하며 반짝이는 음색을 더 뚜렷하게 표현함
feedback coefficient	0.592	지연 신호가 적당한 반복 횟수만큼 누적되도록 조절 → 잔향이 지나치게 길어지지 않으면서도 실제 방울 울림과 유사한 잔잔한 지속감을 구현함, 피크의 지속 시간이 증가하여 중·고역 공명층이 여러 겹으로 형성됨

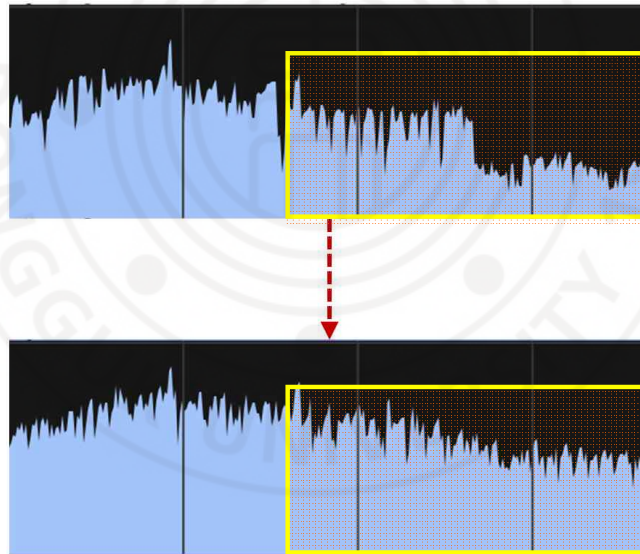


[그림-19] 스펙트럼의 변화

세 번째로 칼이 부딪히는 소리에는 특히 comb-filter가 중심적으로 적용되었다. 금속 타격음의 짧은 공명 주기를 재현하기 위해 delay in ms는 15.3846 ms로 설정되었으며, 이 값은 comb-filter 특유의 촘촘한 공명 피크를 만들어 금속성 잔향의 빠른 반복성과 고역 중심의 에너지를 자연스럽게 강조한다. 짧은 지연값 덕분에 타격 직후 퍼져나가는 고역 에너지와 순간적인 금속성 울림이 효과적으로 표현된다. gain coefficient는 0.51로 설정하여 공명 과정에서 레벨이 과하게 상승하는 것을 막고, 타격 소리의 날카로운 트랜지언트가 손상되지 않도록 하였다. feedforward(0.772)와 feedback(0.744)은 서로 비슷한 중간-높은 값으로 조정되어 금속 타격음의 배음을 더 강조하고, 다중 반사처럼 들리는 잔향을 형성한다. feedforward는 원음과 지연 신호의 위상 간섭을 통해 고주파 성분을 선명하게 만들고, feedback은 금속 표면에서 일어나는 반복 반사처럼 미세한 잔향이 이어지도록 한다. 이러한 구성은 파형과 스펙트럼에서도 확실히 드러난다.[그림-20] groove~에서 재생한 원본 칼 소리는 고역대 위주의 불규칙 스펙트럼과 빠른 감쇠를 보이지만, comb~를 거친 신호는 일정 간격으로 반복되는 공명 피크와 노치가 규칙적으로 배열되는 전형적인 comb-filter 형태를 만든다. 짧은 delay time 값 때문에 피크 간격은 매우 촘촘해지고, 이로 인해 금속성 고역 배음이 더욱 뚜렷하게 강화된다. feedback 값의 영향으로 공명 피크가 시간적으로 더 오래 유지되면서, 하단 파형에서는 미세한 진동이 길게 이어지는 구조도 확인된다. 이 결과는 금속 타격음의 불규칙한 스펙트럼이 짧고 규칙적인 공명 패턴으로 재구성되었음을 의미한다. 이는 실제로 칼이 부딪힐 때 발생하는 잔향·반사·금속적 확산감을 디지털 환경에서 자연스럽게 모사한다. 결국 이런 comb-filter 설정은 금속 타격음의 물리적 특성을 강조하면서도, 실제 현장에서 들리는 청감적 현실성과 의례적 공간감을 동시에 구현하는 핵심 처리 방식으로 기능한다.

<표-7> 파라미터 값과 음향적 효과

항목	파라미터 값	기능 설명
delay in ms	15.3846	매우 짧은 지연값으로 촘촘한 공명 피크 간격을 형성 → 금속 타격음의 빠른 반복성·고역 중심 에너지를 자연스럽게 강조함, 타격 직후의 날카로운 금속 울림을 재현하는 핵심 요소
gain coefficient	0.51	comb-filter에서 발생하는 공명 레벨 증가를 억제하여 트랜지언트를 손상시키지 않음, 원래의 날카로운 어택 보존 + 전체 출력 안정화
feedforward coefficient	0.772	원음과 지연 신호의 위상 간섭을 강화하여 고역 배음을 선명하게 부각함 → 금속 표면의 반짝이는 음색 및 타격 순간의 밝은 질감을 강조함
feedback coefficient	0.744	지연 신호가 여러 번 반복되도록 하여 칼이 부딪힐 때 발생하는 미세 잔향·반사감을 자연스럽게 형성함, 공명 피크가 시간적으로 길게 유지되어 금속의 잔잔한 떨림을 재현함



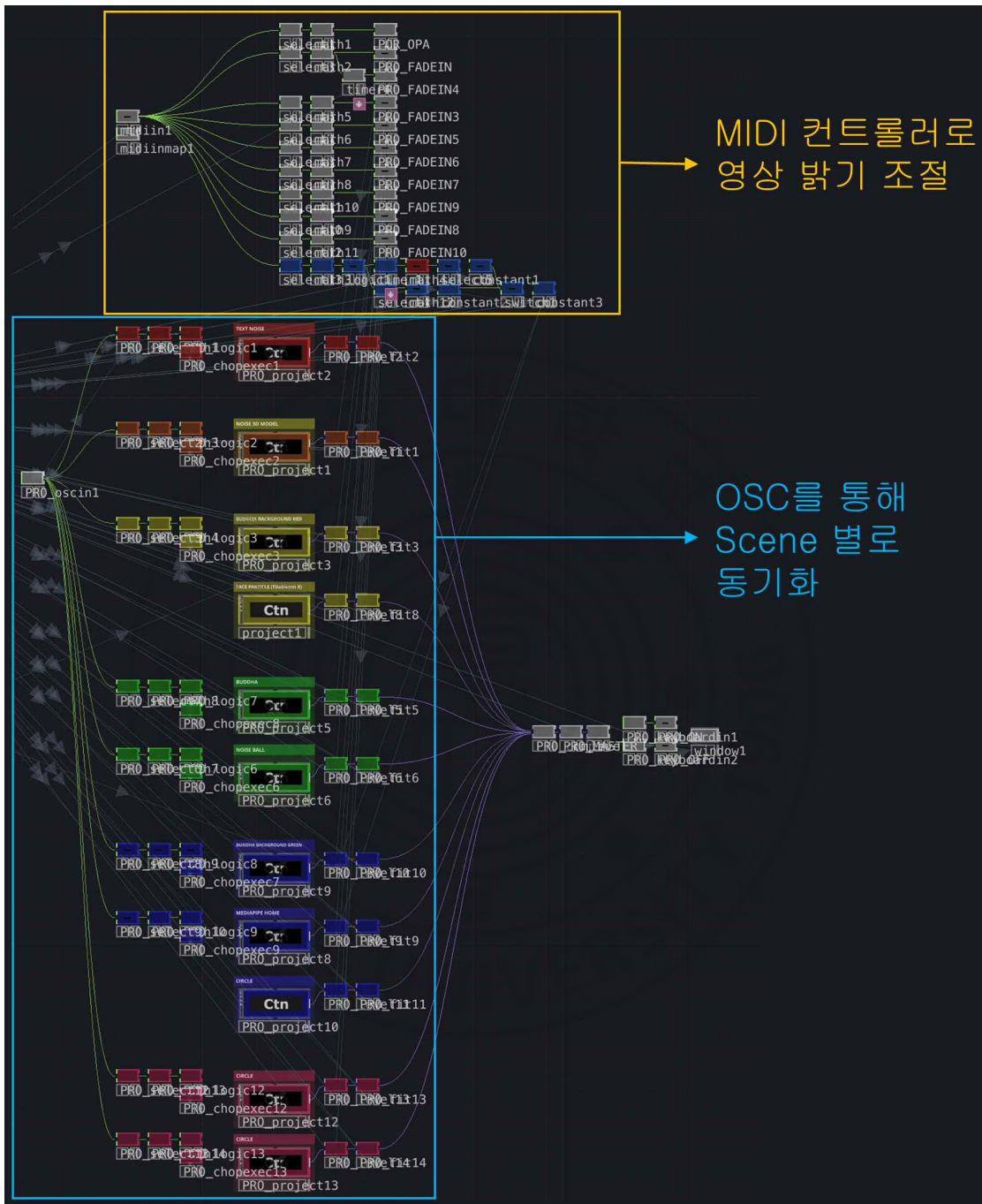
[그림-20] 스펙트럼의 변화

2. 영상 인터랙션(interaction) 연구

영상 구성은 TouchDesigner 환경에서 설계된 열한 개의 비주얼(visual) 모듈로 이루어진다. 각 모듈은 Ableton Live⁵²⁾에서 전송되는 OSC⁵³⁾ 신호를 통해 악곡의 형식 구조(intro, verse, chorus 등)에 맞추어 순차적으로 활성화되도록 구성하였다. 즉, 사운드적 흐름과 시각적 흐름이 독립적으로 존재하는 것이 아니라, 동일한 시간 축 위에서 상호 의존적인 구조를 형성하도록 설계하였다.[그림-21]

52) 독일의 Ableton에서 개발한 디지털 오디오 워크스테이션(DAW) 소프트웨어

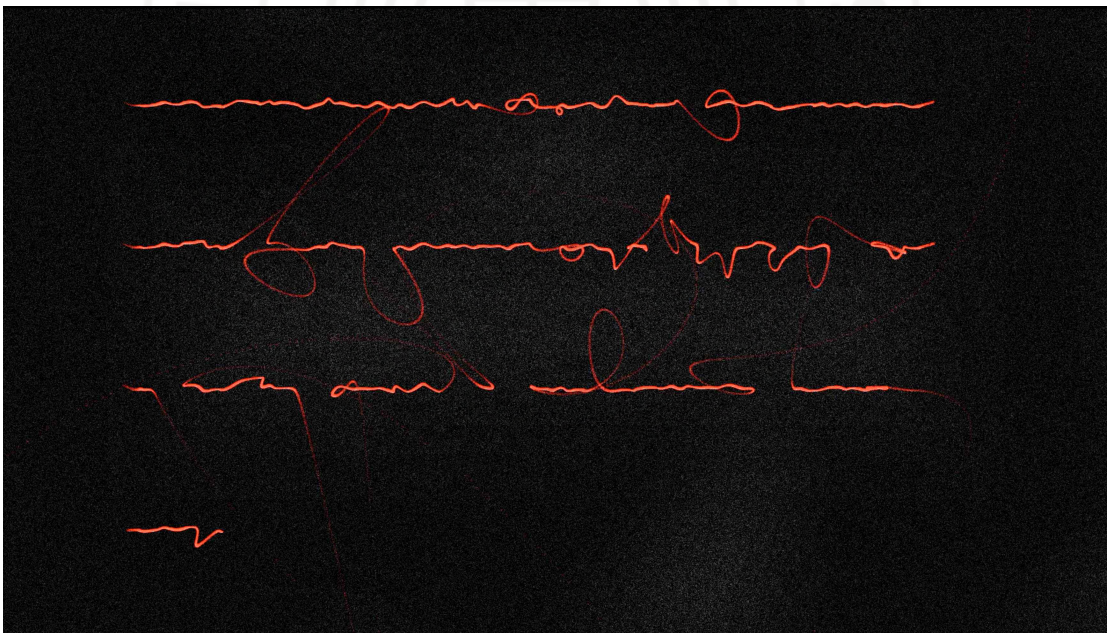
53) 컴퓨터와 신디사이저 등 멀티미디어 기기 간의 통신을 위해 개발된 네트워크 프로토콜



[그림-21] TouchDesigner 네트워크 아키텍처

1) 비주얼 구성

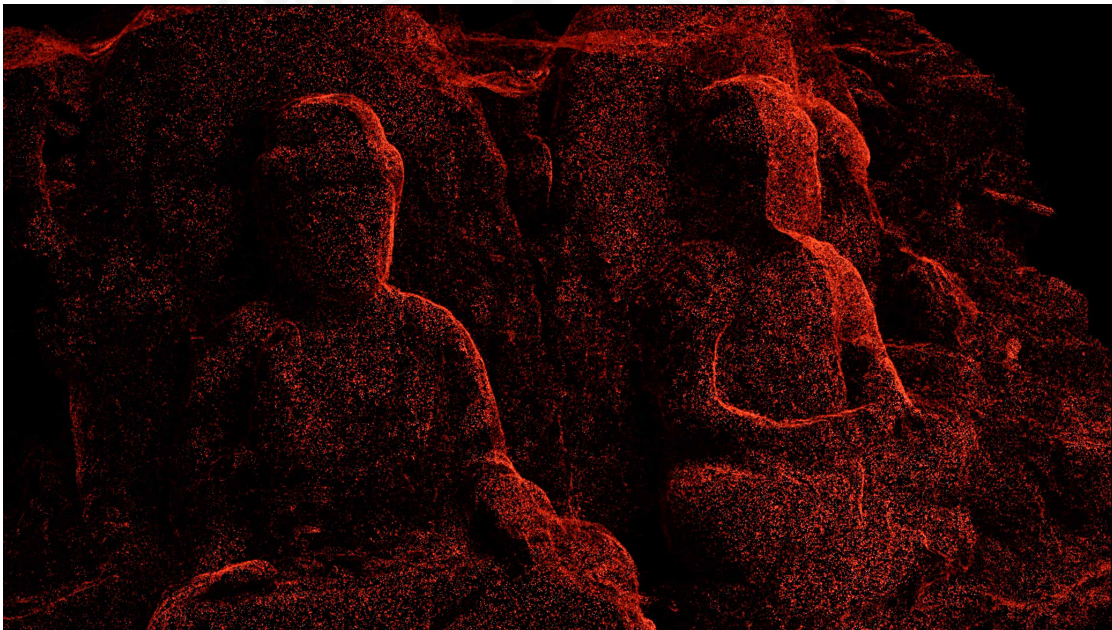
첫 번째 비주얼은 TouchDesigner의 **Line SOP**⁵⁴⁾ 오브젝트와 노이즈를 활용하여 생성한 영상이다. 이는 앞서 논의한 바와 같이 악령의 구체적인 형상화를 배제하고, 노이즈에 의해 뒤틀린 수많은 선분이 화면 상단에서 서서히 나타나게 함으로써 비가시적 존재의 흔적을 시각화한다. 시간이 흐를수록 선형 구조는 화면 전체로 확장되고, 사운드의 음량 변화에 반응하여 움직임의 속도와 요동의 강도가 증가하였다가, 이후 희미하게 소멸하는 과정을 거친다. 이러한 비주얼은 작품의 도입부에서 령(靈)의 출현을 암시하는 전조(前兆)로 기능하며, 이후 전개될 파티클 기반 비주얼의 분위기를 준비하는 역할을 담당한다.[그림-22]



[그림-22] TouchDesigner **Line SOP**을 활용한 비주얼

54) 'Surface Operator'의 약자로, TouchDesigner에서 3D 지오메트리(geometry), 모델링, 렌더링 데이터를 처리하는 오퍼레이터 군을 지칭

나머지 열 개의 비주얼은 파티클을 중심으로 설계되었다. [그림-23]의 부처의 형상처럼, 앞서 논한 대상의 비가시화 전략에 따라 고정된 물리적 형상을 유동적 데이터 입자로 해체하였다. 이를 위해 다수의 입자를 3D 공간에 배치하고, 속도·방향·공간 변위 벡터⁵⁵⁾를 조정하여 회전, 확산 등 다양한 파티클 움직임을 생성하였다. 이 가운데 한 비주얼은 MediaPipe⁵⁶⁾로부터 추출한 손의 위치 값을 기반으로 가우시안 스플래팅(gaussian splatting)⁵⁷⁾을 적용해, 손의 경로에 따라 파티클을 흩뿌려 퍼포머의 제의적 행위가 령의 흐름처럼 시각화되도록 설계하였다.



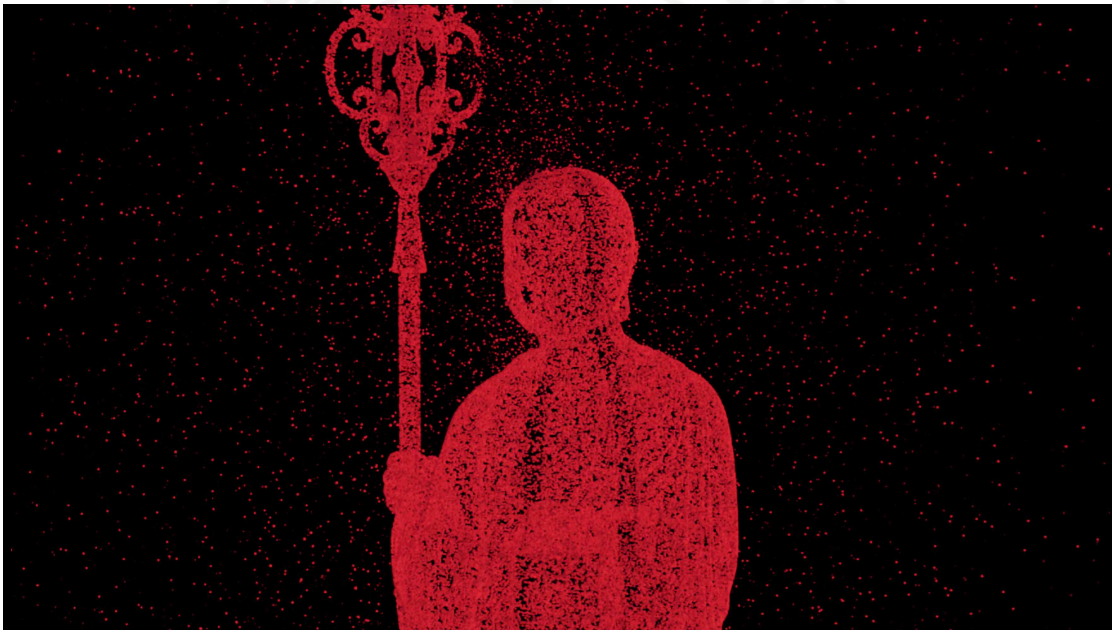
[그림-23] TouchDesigner 파티클 기반 대표 비주얼

55) 크기와 방향을 동시에 가지는 물리량을 의미

56) 구글(Google)에서 개발한 오픈소스 크로스 플랫폼 프레임워크

57) 3D 공간상의 점(point)을 렌더링할 때, 각 점을 단순한 픽셀이 아니라 중심에서 가장자리로 갈수록 흐려지는 가우시안 분포(gaussian distribution)를 가진 불투명한 평면(splat)으로 표현하는 기법

그중 네 개의 비주얼은 3D 모델을 기반으로 구성되었으며, 모델의 표면 또는 내부 경로를 따라 파티클을 배치하거나, 모델의 형태를 파티클 이동의 기준 구조로 활용하여 움직임을 생성하였다. 이러한 구조는 객귀(客鬼)가 공간 속에서 등장, 확장, 소멸하는 일련의 움직임을 입체적으로 구현하며, 작품의 서사적 흐름에서 공간적 존재감을 부각한다. [그림-24] 그 외 파티클 비주얼들은 파라미터 조합을 달리하여 작품 전체의 인장(印章)과 같은 영적 분위기를 단계적으로 전환하는 기능을 수행한다.



[그림-24] TouchDesigner 3D 모델 기반 대표 비주얼

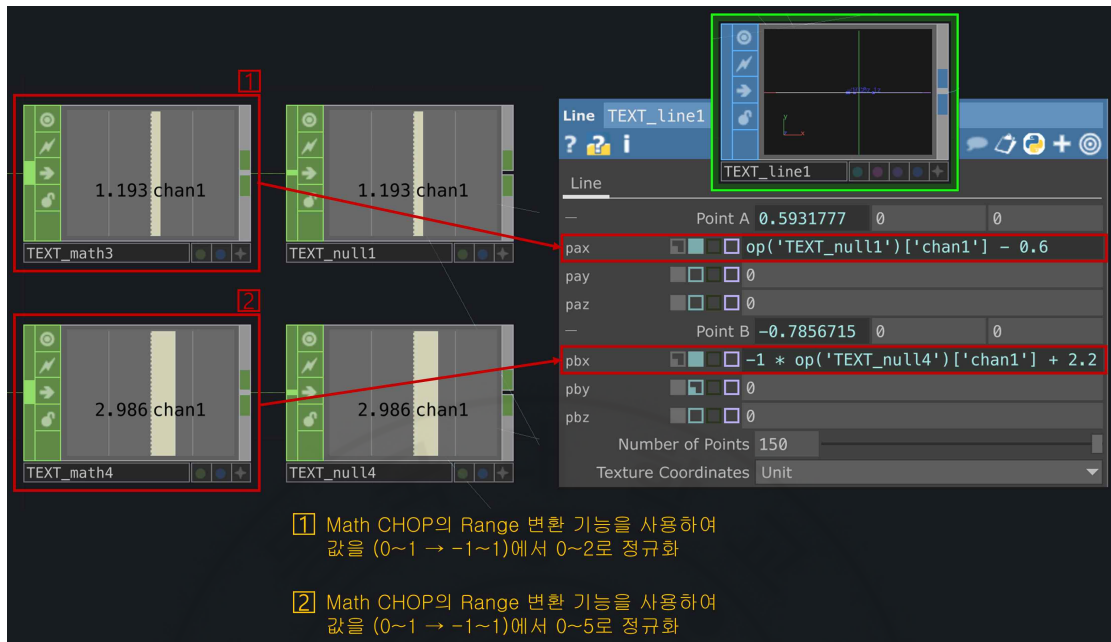
2) Line SOP 기반 절차적 비주얼 매핑 구조

인트로 비주얼은 TouchDesigner의 **Line SOP** 기반 선형 구조에 실시간 오디오 소스, LFO⁵⁸⁾ 데이터를 매핑하여 시각적 동적 변형을 생성하는 방식으로 설계되었다. 특히 **Line SOP**의 Point A, Point B 파라미터는 각각 선분의 시작점과 끝점을 정의하는 좌표 지점으로, 두 점의 상대적 위치 변화가 곧 전체 선 구조의 기울기, 방향성, 변형 특성을 결정한다. 본 연구에서는 이 두 지점의 x축 좌표(px)에 오디오의 실시간 음량(ch1) 값을 직접 매핑하여, 입력된 음향의 크기에 따라 선분이 좌우로 흔들리거나 기울어지는 시각적 반응이 즉각적으로 발생하도록 구성하였다. 이를 통해 음향의 진폭 → 선형 구조의 운동이라는 직접적 사운드-비주얼 대응 구조가 형성된다. 또한 오디오 신호가 0~1 범위로 입력되기 때문에, **Math CHOP**⁵⁹⁾ 오브젝트를 활용해 해당 값을 -1~1 → 0~2 로 재정규화하는 스케일링 처리 과정이 선행되었다. 이러한 정규화⁶⁰⁾는 **Line SOP**의 좌표계 상에서 충분한 이동 폭을 확보하여, 음량 변화에 따른 기울기 변환이 시각적으로 명확하게 드러나도록 한다.

58) '저주파 발진기'의 약자로, 가청 주파수 대역(20Hz) 이하의 느린 속도로 진동하는 주기적 신호를 생성하는 모듈

59) 'Channel Operator'의 약자로, TouchDesigner에서 오디오, 센서 입력, MIDI 신호, 연산 데이터 등 실시간으로 변화하는 수치(channel) 데이터를 처리하는 오퍼레이터 군을 지칭

60) 데이터의 범위를 특정 구간(예: 0~1)이나 사용자가 의도한 목표 범위로 변환하는 수학적 과정을 의미

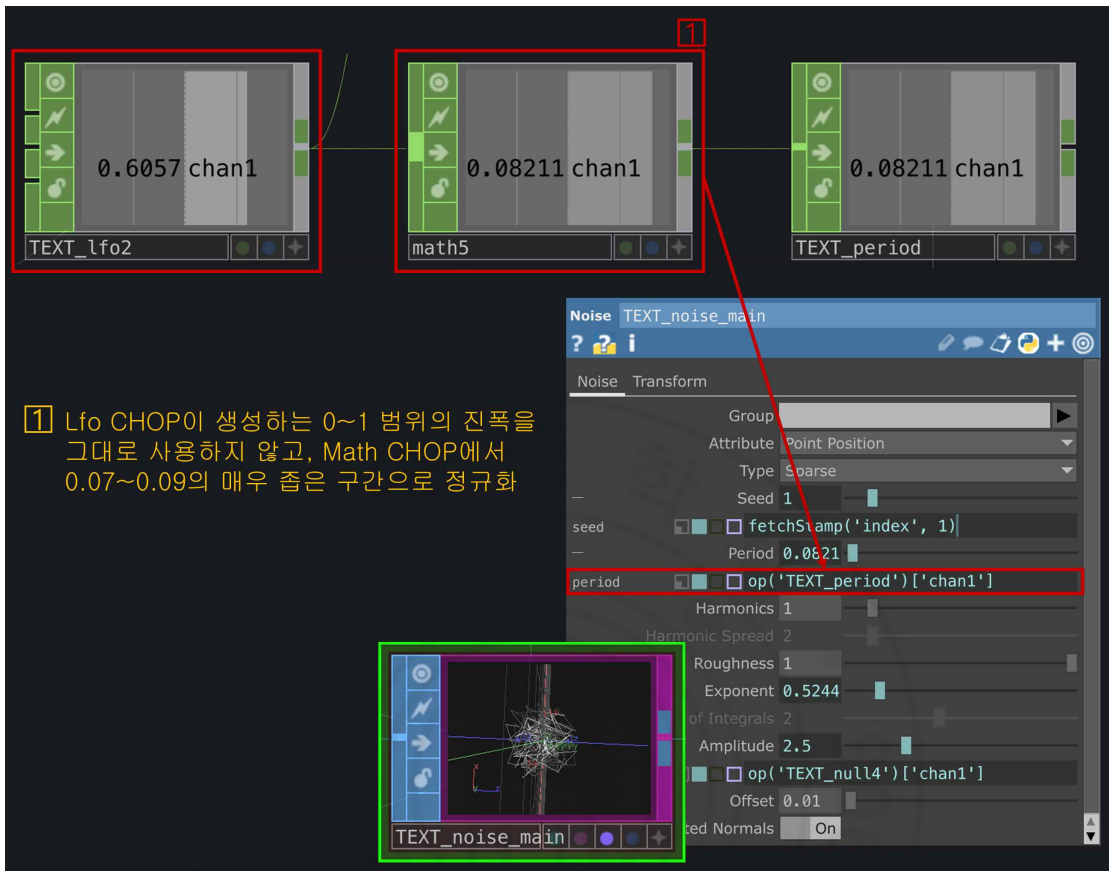


[그림-25] Line SOP 매핑을 활용한 텍스트 구조 변조 시스템

더불어 LFO CHOP 오브젝트를 통해 생성된 주기적 파형은 Noise SOP 오브젝트의 period⁶¹⁾ 파라미터에 매핑⁶²⁾되어, 노이즈 기반 기하학 구조가 주기적 떨림, 변형, 밀도 변화 등의 시간적 패턴을 띠도록 하였다. 이는 선형 구조의 기울기 변형과 결합되어 인트로 장면 전체가 호흡하듯 흔들리는 비시각적 긴장감을 생성한다.

61) 노이즈 함수에서 패턴이 반복되거나 변화하는 공간적/시간적 간격을 결정하는 파라미터

62) 입력 데이터(source)의 수치 범위를 대상 파라미터(destination)가 요구하는 적절한 범위로 변환하여 연결하는 과정을 의미



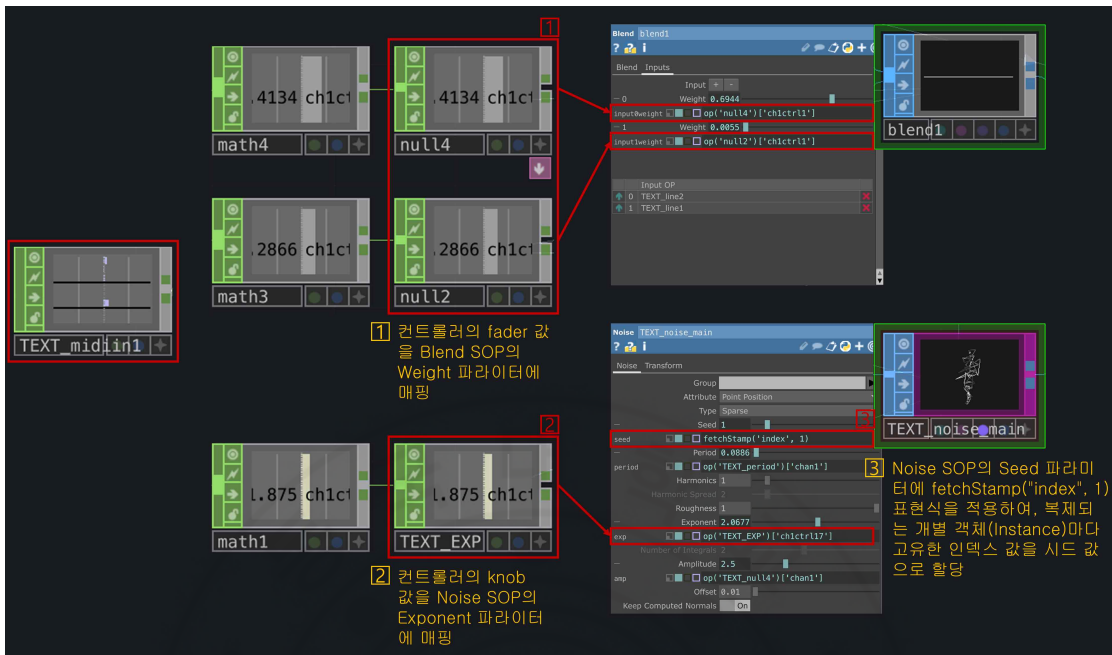
[그림-26] **Line SOP** 매핑을 활용한 텍스트 구조 변조 시스템

결과적으로, 본 구조는 오디오의 음량 → **Line SOP**의 실시간 좌표 변형, LFO 기반 시간적 변조 → **Noise SOP**의 기하학적 왜곡이라는 이중 매핑 체계를 통해, 사운드, 그래픽, 노이즈가 상호 반응하는 통합적 인터랙션 비주얼을 실시간으로 형성한다. 이는 인트로 장면의 보이지 않는 영적 존재의 흔들림과 파동이라는 서사적 메시지를 시각적으로 구현하는 핵심 기술 요소로 기능한다. 여기에 외부 MIDI 컨트롤러의 fader와 knob에서 수신되는 0-127 범위의 MIDI CC 값을 TouchDesigner의 **Math CHOP**을 통해 정규화한 뒤, **Blend SOP** 오브젝트와 **Noise SOP**의 주요 파라미터에 각각 매핑하였다.

먼저, 두 개의 **Line SOP**를 혼합하는 **Blend SOP**의 input0weight와 input1weight는 MIDI 컨트롤러의 fader 값에 실시간으로 대응하도록 설정하였다. 이 구조는 두 선형 구조(line structure)의 비중(weight)이 시간에 따라 연속적으로 변화하게 만들어, 음향 또는 제스처의 변화에 따라 인트로 장면의 형태적 흐름이 유기적으로 변형되도록 한다. 이러한 가중치 기반 혼합 구조를 통해 선형 지형의 기울기, 밀도, 연결성이 미세하게 흔들리고 이동하는 시각적 효과가 발생한다. 또한 knob 값은 **Noise SOP**의 Exponent⁶³⁾ 파라미터에 각각 매핑되었다. Exponent는 노이즈의 변형 강도(distortion intensity)를 결정하기 때문에 미세한 조작만으로도 선형 구조가 부드러운 떨림에서 폭발적 난류(turbulence)⁶⁴⁾까지 폭넓게 변형된다. 즉, MIDI 컨트롤러의 물리적 제스처가 곧 실시간 노이즈 함수의 위상적 구조 변화로 전이되면서, 의식의 파동이 시각적으로 구현되는 동적 프레임이 형성된다.

63) 수학적 지수 연산(x^n)을 의미하는 파라미터로, 노이즈 함수에서 출력되는 값의 분포 곡선(curve)을 조절하는 역할

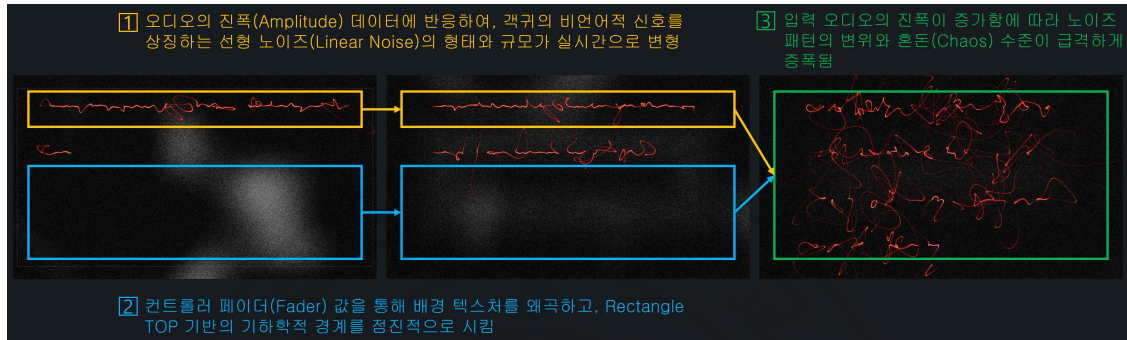
64) 유체 역학에서 유속이 빠르거나 장애물을 만났을 때 발생하는 불규칙하고 혼란스러운 흐름을 의미



[그림-27] 외부 MIDI 컨트롤러를 활용한 텍스트 구조 변조 시스템

따라서 이러한 기술적 프로세스는 단순한 그래픽의 왜곡을 넘어서, **Line SOP**이 그려내는 선형적 노이즈(linear noise)를 통해 읽을 수 없는 메시지를 시각화하는 기호학적 장치로 기능한다. 이는 본 연구가 지향하는 상상적 공포를 달성하기 위한 핵심적인 시각적 기제로 작용하며, 기존의 오컬트 장르 영화나 콘텐츠가 귀신이나 악마의 형상을 구체적으로 제시하여 일차원적인 시각적 충격을 주었다면, 본 연구는 TouchDesigner의 **Line SOP**을 활용하여 그 대상을 불확정적인 이미지로 치환하였다. 앞서 기술 연구에서 서술한 바와 같이, 오디오 진폭과 MIDI 데이터에 반응하여 실시간으로 변형되는 선형 노이즈는 마치 악마가 속삭이는 듯한 비언어적 텍스트 혹은 고대 상형문자의 형상을 띠도록 설계되었다. 이는 실질적인 문자가 아니지만, 관객으로 하여금 해석할 수 없는 미지의 언어처럼 인식하게 만든다. 읽을 수 없는 기호들이 화면 속에서 비정상적인 속도와 형태로 요동치는 움직임은, 관객에게

무언가 불길한 메시지가 전달되고 있다는 인지적 불안을 자극하여, 단순한 시각적 공포를 넘어선 심리적 긴장과 상상적 공포감을 극대화한다.



[그림-28] 인트로 비주얼의 시각적 긴장감 고조 과정

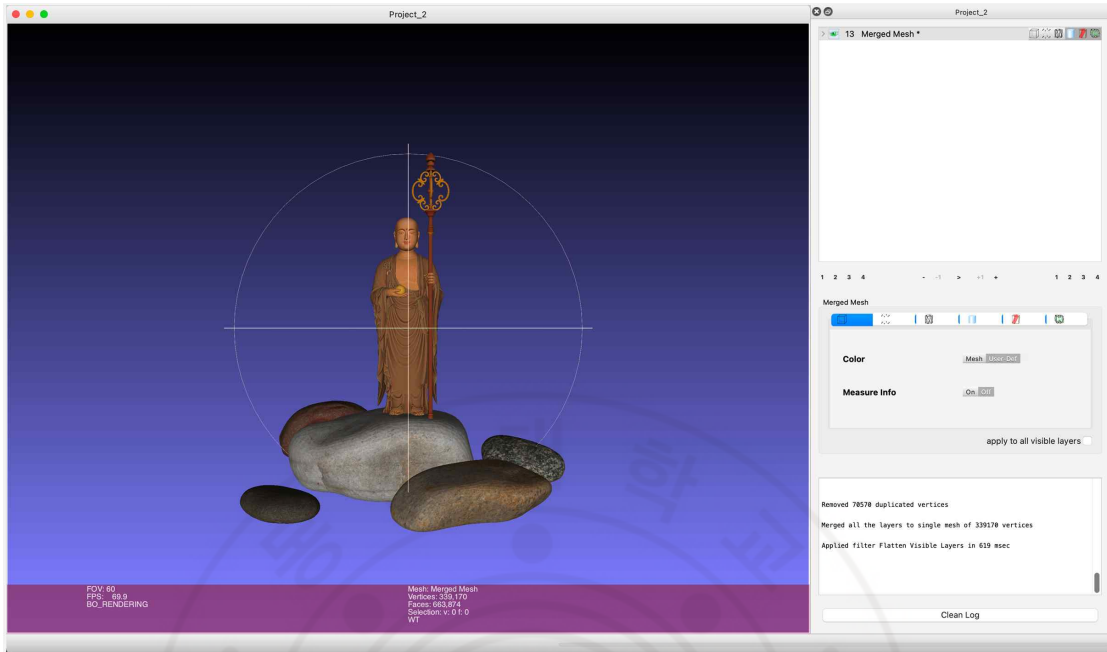
3) 3D 모델 기반 파티클 매핑 구조

본 연구에서 사용된 3D 기반 비주얼은 대표적으로 무당의 공간과 스님의 형상을 토대로 제작된 3D 모델을 중심으로 구성되었다. 3D 모델의 구조를 파티클 배치의 기준으로 활용하기 위해, 먼저 모델 파일(.obj⁶⁵⁾)을 MeshLab⁶⁶⁾에 불러와 전처리⁶⁷⁾ 과정을 수행하였다.

65) 웨이브프론트(wavefront technologies)에서 개발한 3D 지오메트리 정의 파일 포맷

66) 비정형 3D 삼각 메쉬(triangular mesh)를 처리하고 편집하기 위한 오픈소스 시스템

67) 원본 데이터(raw data)를 실제 시스템에 적용하기 적합한 형태로 가공, 정제, 변환하는 사전 준비 단계를 의미



[그림-29] MeshLab에서 3D 모델(.obj)을 불러온 예시

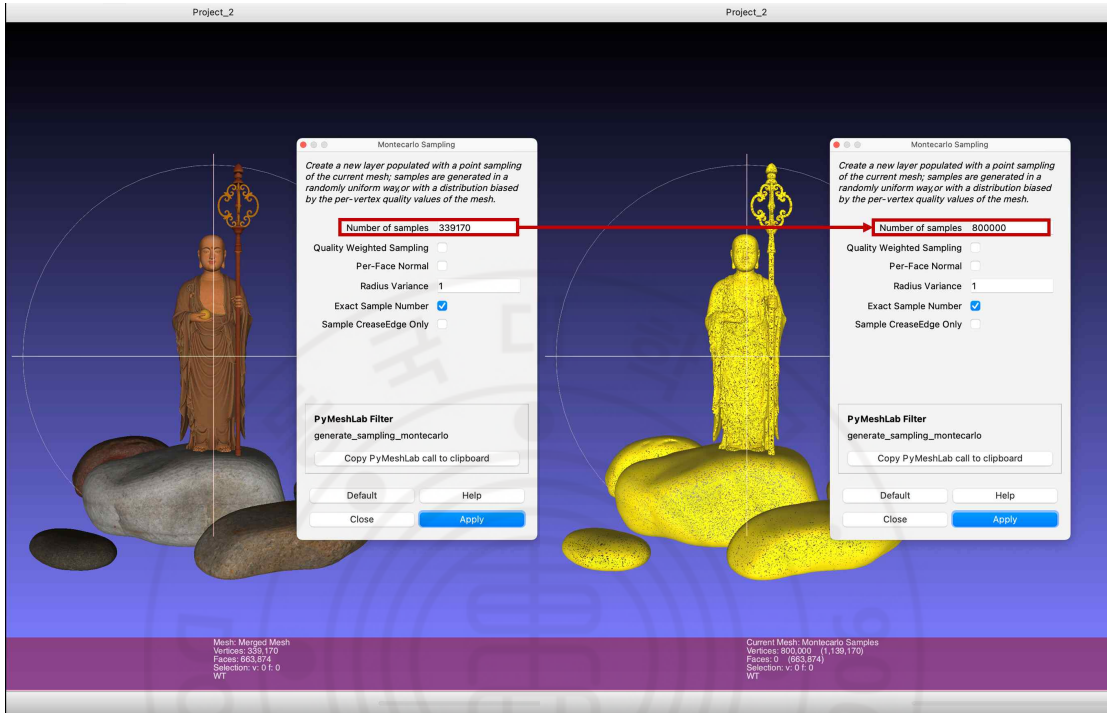
또한 3D 모델의 표면 정보를 보다 정밀하게 활용하기 위해 MeshLab의 Monte Carlo Sampling⁶⁸⁾ 기능을 사용하여 원본 메쉬(mesh)⁶⁹⁾로부터 고밀도 점군(point cloud)⁷⁰⁾을 재구성하였다. Monte Carlo Sampling은 메쉬 표면을 무작위 확률 분포 기반으로 샘플링함으로써, 기존 삼각형 기반 메쉬보다 더 균질하고 높은 분포 밀도를 가진 점 데이터를 생성한다. 본 절차를 통해 점의 개수를 약 80만 개 이상으로 증가시켜, 이후 TouchDesigner에서 수행되는 파티클 기반 시각화 과정에서 형태의 세부 윤곽·주름·면 구조가 보다 선명하게 유지되도록 하였으며, 이는 3D 모델의 텍스처적 복잡성과 영적 상징성을 고해상도로 표현하기

68) 확률적 무작위 추출법인 몬테카를로 통합(Monte Carlo Integration) 원리를 응용한 표면 샘플링 기법

69) 3D 컴퓨터 그래픽스에서 다면체의 형상을 표현하기 위해 정점(vertex), 모서리(edge), 면(face)의 집합으로 구성된 다각형 그물망 구조를 의미

70) 3D 좌표계(x, y, z) 상에 위치한 점들의 집합으로 이루어진 데이터 형식

위한 핵심 전처리 단계로 기능한다.



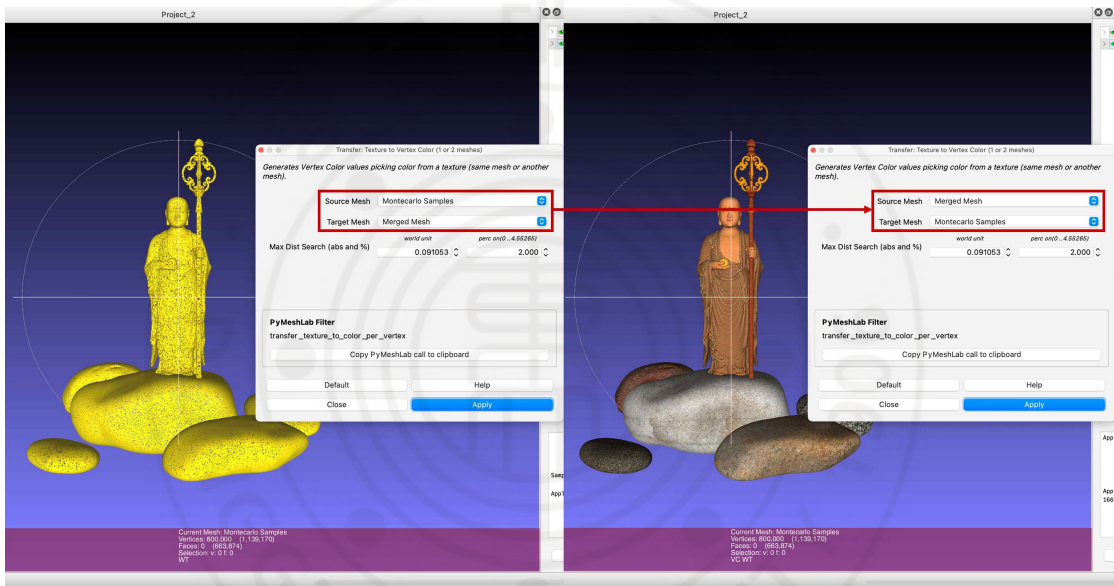
[그림-30] Montecarlo Sampling 기능 적용 예시

마지막으로 텍스처 정보는 MeshLab의 Transfer : Texture to Vertex Color⁷¹⁾ (1 or 2 meshes) 기능을 이용하여 모델 표면의 색상 데이터를 버텍스(vertex)⁷²⁾ 단위의 컬러 정보로 재매핑하였다. 이 과정은 원본 텍스처를 이미지 기반 좌표계에서 탈피해 기하학적 정점(geometry vertex)에 직접 부착된 형태의 데이터 구조로 변환하는 절차로, 이후 TouchDesigner에서 파티클로 변환될 때 각 파티클이 원 모델의 색·명암·패턴을 그대로 상속할 수 있는 기반을 마련한다. 버텍스 컬러 기반

71) 별도의 2차원 이미지 파일(texture map)을 참조하지 않고, 3D 모델의 각 정점 데이터 내에 직접 저장된 RGB 색상 값을 지칭

72) 3D 공간에서 기하학적 형상을 정의하는 가장 기본적인 단위인 '정점'을 의미

파티클은 텍스처 기반 렌더링 대비 실시간 계산 부하가 낮고, 개별 점 단위의 색상 접근이 용이하며, 노이즈 변형·폭발·흐름 기반 파티클 재구성 시 색상 일관성을 유지한다는 특징을 갖는다. 이러한 전처리 과정을 거친 모델을 .ply⁷³⁾(point cloud + vertex color) 형식으로 추출하여 TouchDesigner로 전달하였으며, 이는 3D 텍스처가 파티클 시스템에서 자연스럽게 고해상도로 재현되기 위한 필수적 과정으로 기능하였다.



[그림-31] Transfer : Texture to Vertex Color 기능 적용 예시

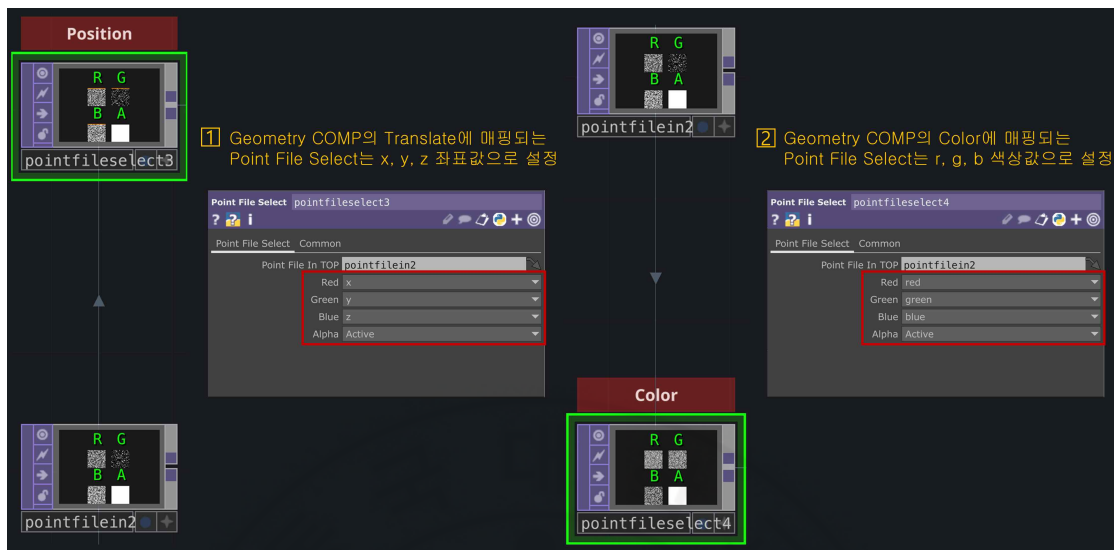
TouchDesigner에서는 **Point File In TOP**⁷⁴⁾ 오브젝트를 통해 MeshLab에서 출력한 .ply 파일을 불러왔으며, **Point File In TOP**을 통해 .ply 파일을 입력한 뒤, **Point File Select TOP** 오브젝트에서 각 버텍스의 속성을 x, y, z 좌표값과 레드(red), 그린(green), 블루(blue)

73) 스탠퍼드 대학에서 개발한 3D 데이터 저장 포맷

74) 'Texture Operator'의 약자로, TouchDesigner에서 2차원 이미지 및 픽셀 데이터를 처리하는 오퍼레이터 군을 지칭

e) 색상값을 분리하였다. 이와 같은 분리 작업은 TouchDesigner 내부의 파라미터 구조와 데이터 유형 간의 대응 관계를 명확히 하기 위한 절차이다. x, y, z 좌표값은 3D 공간 내 점의 실질적인 공간적 위치를 기술하는 정보로서, 이는 TouchDesigner의 **Geometry COMP**⁷⁵⁾ 오브젝트에서 객체의 절대 위치를 제어하는 Translate 파라미터와 1:1로 대응된다. 따라서 Position 속성을 Translate에 매핑함으로써 외부에서 추출된 점군의 원래 공간 구조를 TouchDesigner 환경에 정확하게 재구성할 수 있다. 색상값은 각 버텍스가 가지는 시각적 색상 특성을 나타내며, 이는 **Geometry COMP**의 Color 파라미터와 구조적으로 동일한 데이터 형태를 가진다. 이에 따라 **Point File Select TOP**에서 분리된 red, green, blue 값은 모델의 표면 색상 혹은 파티클의 시각적 표현에 직접적으로 사용될 수 있도록 Color 파라미터에 매핑되었다.

75) 'Component Operator'의 약자로, TouchDesigner에서 다른 오퍼레이터(SOP, CHOP, TOP 등)들을 내부에 포함하여 네트워크를 조직화하는 컨테이너(container) 역할을 하거나, 3D 오브젝트, 카메라, 조명, UI 패널 등 독립적인 객체 단위를 구성하는 오퍼레이터 군을 지칭



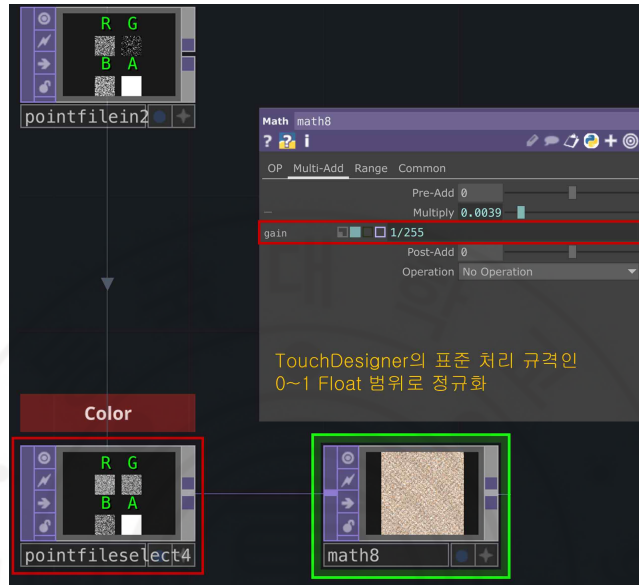
[그림-32] Point File Select TOP의 파라미터 설정

MeshLab에서 추출된 .ply 데이터는 색상 정보를 8-bit 정수(integer) 기반의 0~255 범위로 저장한다. 반면, TouchDesigner의 TOP(texture operator) 렌더링 파이프라인은 모든 픽셀 데이터를 0.0~1.0 사이의 부동소수점(float)⁷⁶⁾ 값으로 처리하도록 설계되어 있다. 이러한 이종 소프트웨어 간의 데이터 규격 차이는 렌더링 단계에서 색상 왜곡이나 과포화를 유발하는 주된 원인이 된다. 본 연구에서는 데이터 무결성을 확보하기 위해 Point File Select TOP 이후 Math TOP을 배치하여 전처리 과정을 수행하였다. 구체적으로는 입력된 RGB 채널에 1/255(약 0.0039)를 곱하는 선형 스케일링(linear scaling)⁷⁷⁾을 적용하여, 정수 기반의 색상 데이터를 TouchDesigner의 표준 처리 규격인 0~1 float 범위로 정규화하였다. 이는 단순한 수치 변환을 넘어, 외부 데이터의

76) 컴퓨터에서 실수를 근사하여 표현하는 방식 중 하나로, 소수점의 위치를 고정하지 않고 유동적으로 움직여 넓은 범위의 수를 정밀하게 표현

77) 데이터의 분포 형태나 비율을 왜곡하지 않고, 값의 범위(range)만을 비례적으로 변환하는 수학적 연산을 의미

시각적 특성을 렌더링 파이프라인 내에서 물리적·지각적 오류 없이 재현하기 위한 필수적인 데이터 보정 단계이다.



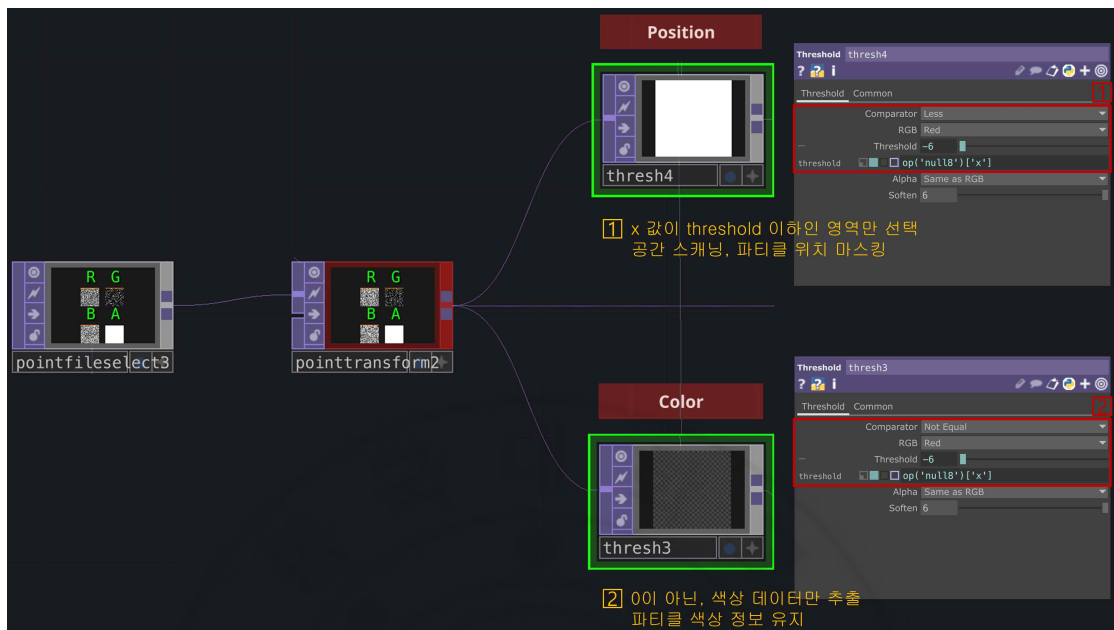
[그림-33] **Math TOP**을 이용한
색상값의 정규화

이어지는 geometry instancing⁷⁸⁾을 위한 좌표(translate) 및 색상(color) 데이터 처리 단계에서, **Threshold TOP** 오브젝트를 배치하여 파티클의 활성화 여부와 분포를 제어하는 조건부 필터링 알고리즘을 구현하였다. 각 속성에 따른 구체적인 필터링 전략은 다음과 같다. 좌표 제어를 담당하는 **Threshold TOP**에는 Comparator 값을 Less, 기준 채널을 Red(x축)로 설정하였다. 이는 3D 모델의 x축 좌표값이 특정 임계값(threshold) 이하인 영역과 초과인 영역을 구분하는 공간 스캐닝(spatial scanning) 역할을 수행한다. 이 과정에서 산출된 값은 단순한 소

78) 동일한 기하학적 객체(geometry)를 메모리에 한 번만 로드한 상태에서, 위치(position), 회전(rotation), 색상(color) 등의 속성 데이터만 변형하여 수천, 수만 개의 복사본을 GPU 기반으로 고속 렌더링하는 기법

거가 아닌, 후단의 **Noise TOP** 오브젝트 및 **Feedback TOP** 오브젝트가 적용될 영역을 선택적으로 활성화하는 마스크(mask)로 작용한다. 반면 색상을 담당하는 **Threshold TOP**의 경우 Comparator 값을 Not Equal로 설정하였다. 이는 배경값(0)이나 특정 오류 데이터를 제외하고, 데이터가 존재하는 유효 픽셀(non-zero pixels)만을 정확히 선별하기 위한 이진 마스크(binary mask)⁷⁹⁾ 처리 과정이다. 이를 통해 형태가 변형되는 과정에서도 파티클의 색상 정보가 소실되거나 배경과 혼재되지 않도록 데이터의 무결성을 보장한다. 마지막으로 임계값 파라미터는 뒤에서 언급할 MediaPipe 기반의 손 추적 데이터와 실시간으로 연동되어 동적으로 변조된다. 임계값이 최저점(약 -8)에 머물 때는 필터링이 비활성화되어 모델의 원본 위상과 구조적 형태가 온전히 유지된다. 반면, 퍼포머의 제스처에 의해 임계값이 상승하여 +6 이상에 도달하면, 마스크 영역이 반전되거나 확장되면서 파티클이 모델의 외곽으로 흩어지는 확산 현상이 발생한다.

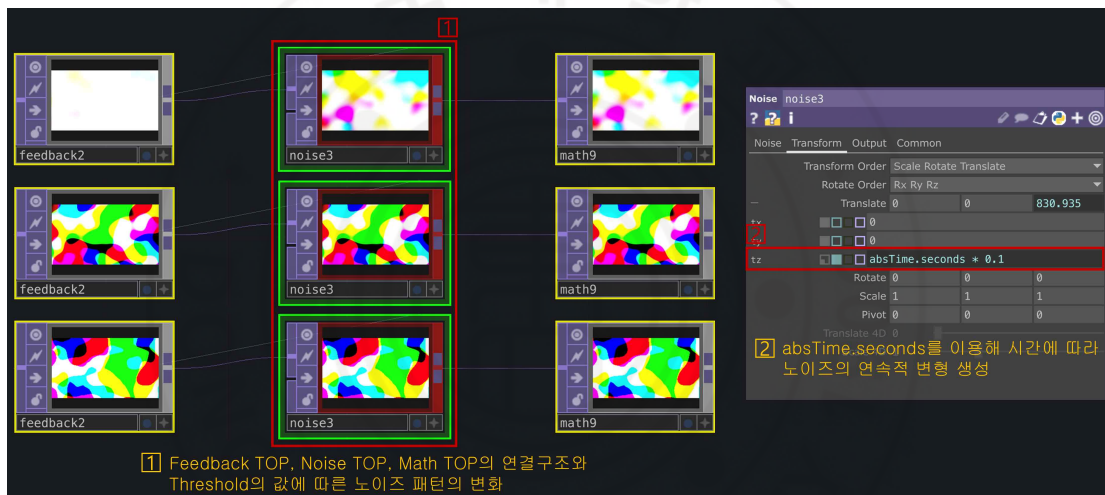
79) 이미지 처리(image processing) 분야에서 픽셀 값을 0(검정, 비활성)과 1(흰색, 활성)의 두 가지 상태로만 정량화하여 특정 영역의 선택 또는 배제를 결정하는 필터링 기법



[그림-34] **Threshold TOP** 파라미터 설정

앞서 언급했듯 **Threshold TOP**에서 Comparator를 Less, 기준 채널을 Red(x축)로 설정함으로써, Threshold 파라미터가 -6에서 8 사이를 이동할 때, 활성 영역의 경계가 시간에 따라 변화하며 파티클 윤곽이 희미해졌다가 선명해지는 시각적 변형이 나타난다. Threshold 값이 낮을 때는 대부분의 점이 비활성 처리되어 형태가 흐릿해지고, 값이 높아질수록 더 넓은 x축 영역의 점들이 활성화되면서 점군의 구조가 점차 명확해지는 방식이다. 이러한 마스크된 좌표값은 **Feedback TOP**에서 시간적 누적 효과가 더해져, 이전 프레임의 잔류 흔적이 미세하게 남는 시간적 잔향을 형성한다. 이는 파티클이 단순히 위치만 변하는 것이 아니라, 흔들림·잔상·늘어짐과 같은 시간 기반의 물성적 특성을 갖도록 만든다. 이어서 **Noise TOP**의 tz 파라미터에 $\text{absTime.seconds} * 0.1$ 을 입력함으로써, 노이즈의 3D z축이 실제 시간 흐름을 따라 지속적으로 이동하며 파티클 위치에 확률적·유기적인 변위를 부여한다. 이

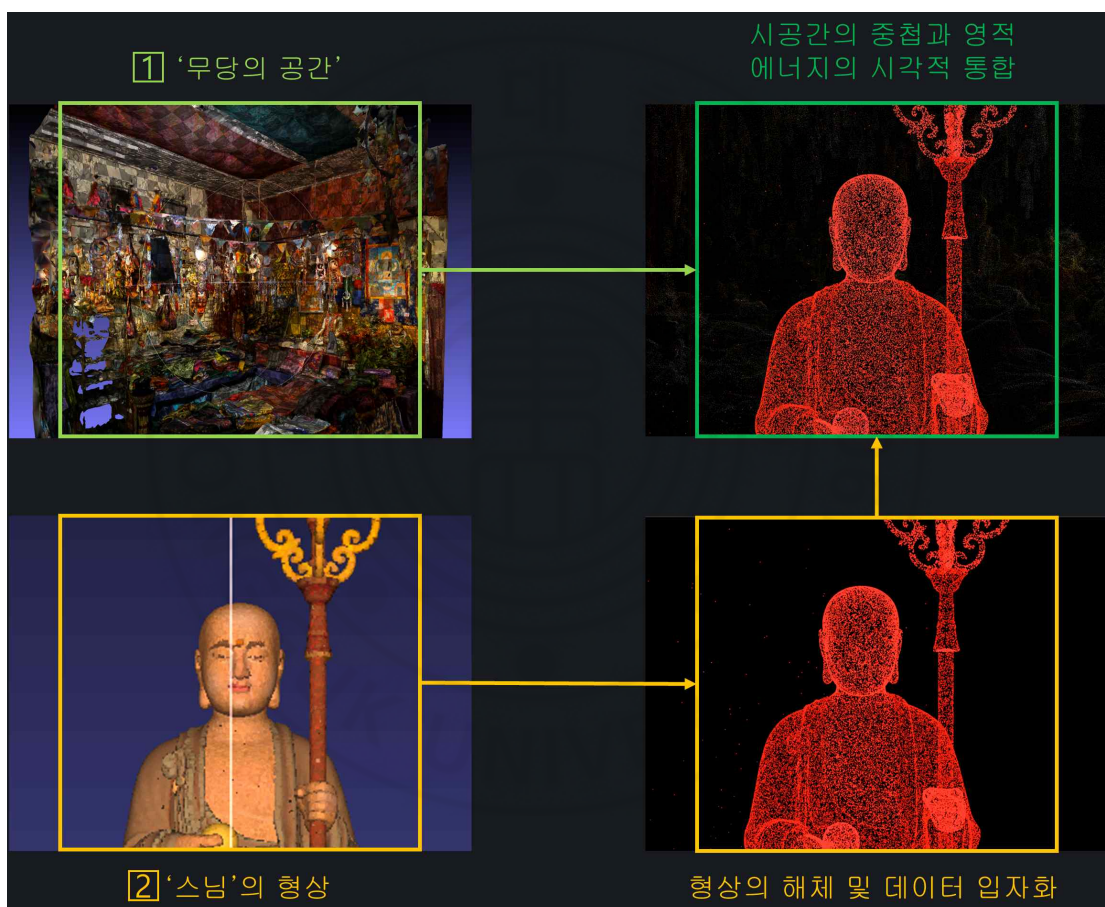
시간 기반 노이즈는 프레임률과 무관하게 안정적으로 변화하기 때문에, 파티클의 움직임이 난수 기반의 점멸이 아니라 공간적 노이즈 필드가 흐르는 듯한 연속적 떨림으로 나타난다. 이 **Threshold TOP** → **Feedback TOP** → **Noise TOP**의 연속 연산은 점군(point cloud)을 공간 속에서 지속적으로 응집·확산·해체하는 splatting 기반 파티클 구조로 시각화하며, 3D 모델을 고정된 표면이 아닌 동적으로 변형되는 점들의 집합으로 재구성한다.



[그림-35] **Feedback TOP, Noise TOP, Math TOP** 연결 구조

따라서 본 연구에서 적용한 3D 모델의 파티클 변환 과정은, 기술적으로는 기하학적 메쉬를 포인트 클라우드(point cloud)로 전환하는 데이터 처리 과정이지만, 미학적으로는 견고한 종교적 믿음과 형상(icon)을 유동적인 디지털 에너지로 해체하는 수행적 과정이다. [그림-36]에서 볼 수 있듯이, 스님과 무당의 공간은 TouchDesigner의 **Point File In**을 이용하여 고정된 물성을 잃고 수만 개의 부유하는 입자로 환원된다. 이 과정에서 물리적 실체였던 대상은 형체는 유지하되 그 속은 텅 빈, 마치 영혼만 남은 듯한 디지털 미묘한 신체의 상태로 전이된다.

결과적으로, 스님의 형상과 무당의 공간이 입자 단위로 중첩되어 경계가 모호해지는 시각적 결과물은, 관객에게 보이는 형상의 덧없음과 보이지 않는 기운의 실재성을 동시에 감각하게 한다. 이는 본 연구가 지향하는 물질성을 탈피한 비가시적 샤머니즘의 시각화라는 목표를 기술적 알고리즘을 통해 성공적으로 구현했다.



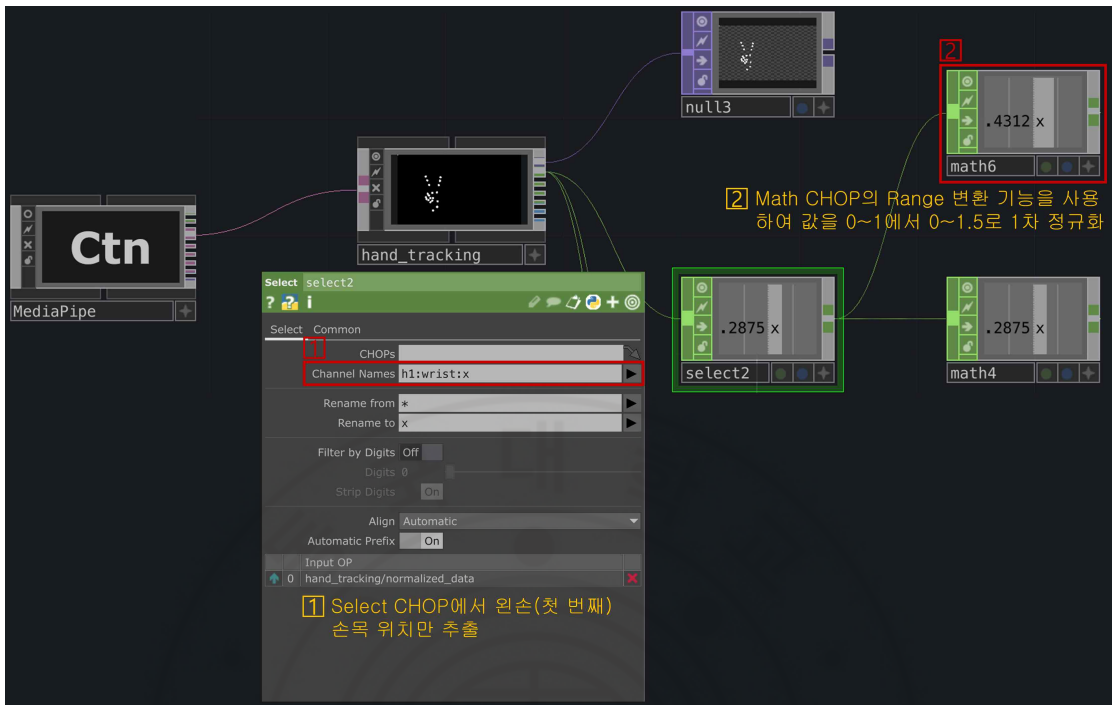
[그림-36] 무당의 공간과 스님의 형상 3D 모델의 파티클 변환 시뮬레이션

4) MediaPipe 기반 인터랙션 구조

본 작품의 손동작 기반 인터랙션은 동양의 무속 제의에서 무당의 손짓이 영적 에너지를 운용하고 신과 교감하는 핵심적 매개체라는 점을 착안하여, Google MediaPipe에서 제공하는 핸드 트래킹 모델을 기반으로 제작된 TouchDesigner용 커스텀 MediaPipe 오퍼레이터를 활용하여 구성하였다. 입력 영상은 웹캠(webcam)을 통해 실시간으로 획득되며, 오퍼레이터 내부에서 MediaPipe 모델이 각 프레임(frame)에 대해 손의 골격 구조(skeletal structure)를 분석하여 총 21개(0~20)의 손 랜드마크(landmark)⁸⁰⁾ 좌표값을 추출한다. 이때 각 랜드마크는 손바닥 중심, 손가락 마디, 끝마디 등 특정 해부학적 지점을 나타내며, 0 - 1 범위의 정규화된 좌표로 반환된다. 추출된 랜드마크 데이터는 TouchDesigner 내부에서 바로 CHOP 채널 형태로 제공되기 때문에 별도의 OSC 전송 과정 없이, 원하는 시각적 파라미터에 직접 매핑할 수 있다. 이러한 구조는 외부 신체 움직임을 디지털 비주얼 시스템의 내부 파라미터와 실시간으로 연결함으로써, 퍼포머의 손 제스처가 즉각적인 화면 변형·밀도 변화·곡면 왜곡 등 다양한 시각적 결과물로 전환되는 고감도 인터랙션 환경을 제공한다.

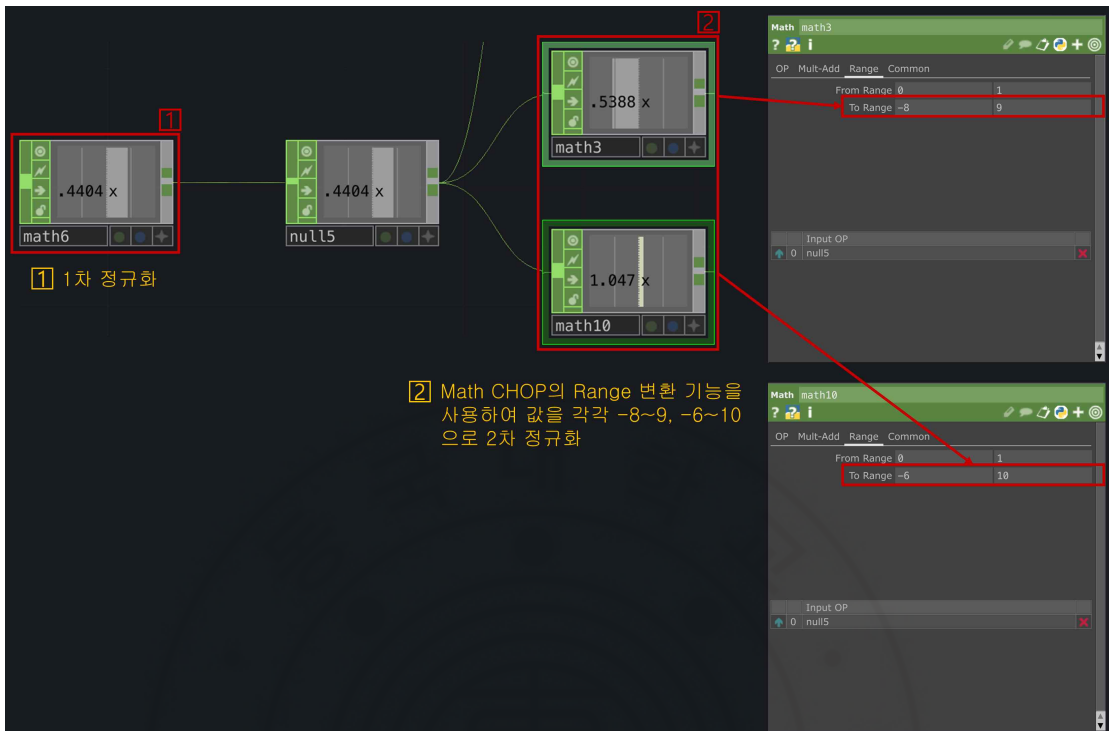
본 연구에서는 첫 번째로 왼손의 손목 위치인 h1:wrist:x 값을 선택하여 인터랙션 신호의 기본 데이터로 활용하였다. 추출된 값은 **Select CHOP** 오브젝트를 거쳐 단일 채널로 정제한 후, **Math CHOP**을 사용하여 0~1 범위를 0~1.5 범위로 1차 정규화하였다.

80) 컴퓨터 비전에서 객체의 형태를 파악하기 위해 지정된 해부학적 핵심 지점(keypoint)을 의미



[그림-37] 왼손 핸드 트래킹 설정과 1차 정규화

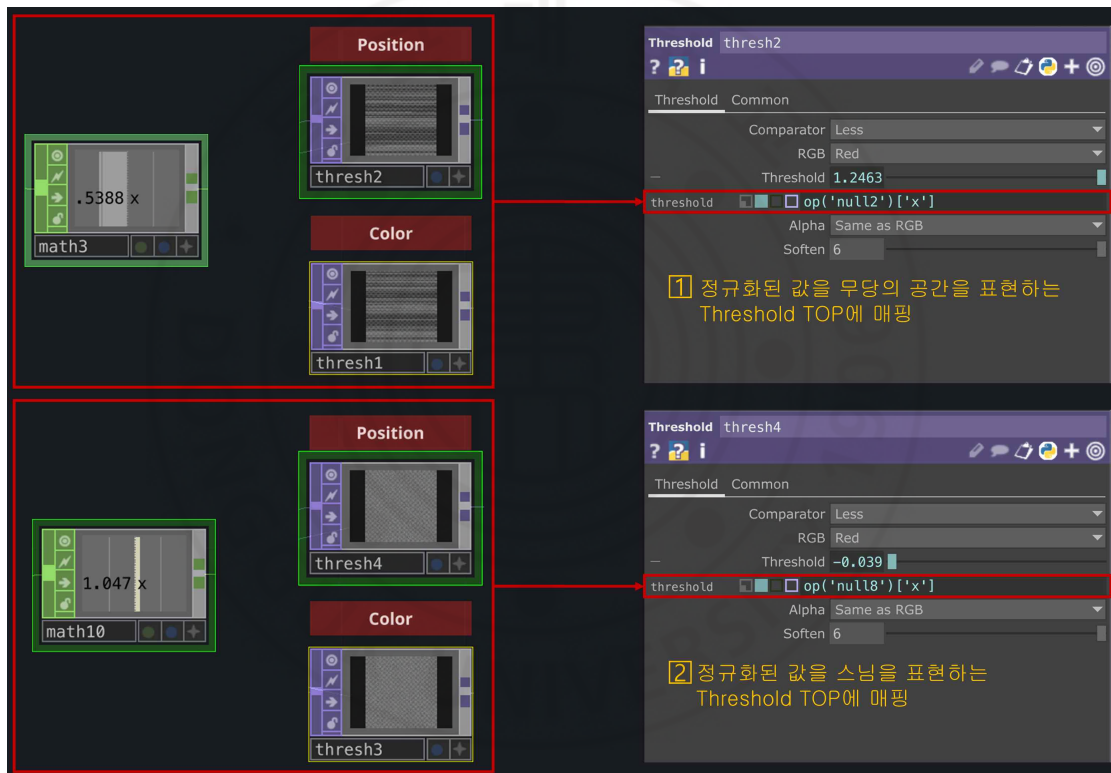
이후 두 번째 **Math CHOP**에서 $-6\sim 10$ 및 $-8\sim 9$ 범위로 각각 확장하여, 3D 공간 내 파티클의 위치와 인스턴싱 구조에 적합한 좌표값으로 조정하였다.



[그림-38] **Math CHOP**을 이용한 2차 정규화

원손에서 추출된 MediaPipe 좌표는 TouchDesigner의 **Math CHOP**에서 두 가지 범위로 스케일 확장하였다. 첫 번째 변환값은 -8~9 범위로 정규화하여 무당의 공간을 표현하는 3D 모델에 대응하는 두 개의 **Threshold TOP**(position 제어용 1개, color 제어용 1개)에 매핑하였다. 두 번째 변환값은 -6~10 범위로 확장하여 스님의 형상을 표현하는 3D 모델에 대응하는 두 개의 **Threshold TOP**에 각각 연결하였다. **Threshold TOP**은 입력되는 포인트(point) 데이터의 활성 여부를 경계값 기반으로 분리하는 역할을 수행하므로, 이와 같은 스케일 변환은 원손의 물리적 위치 변화가 각 모델의 파티클 가시성·밀도·분포 패턴을 실시간으로 조정하도록 하는 핵심 제어 방식으로 작동한다. 구체적으로는, 웹캠을 바라보는 퍼포머 기준 원손이 화면의 오른쪽에 위치할수록(x축 좌표가 높은 값을 가질수록), 3D 모델을 이루고 있는 파티

클들이 흩뿌려지고(가우시안 스플래팅 효과), 오른쪽에서 왼쪽으로 손을 이동시킬수록(x축 좌표 값이 낮아질수록) 파티클들은 원래의 3D 모델 형상으로 밀집되도록 설계되었다. 결과적으로 한 손의 제스처만으로도 무당 공간과 스님 형상을 표현하는 두 개의 독립적 3D 구조가 서로 다른 방식으로 반응하며, 의식적 장면의 공간적 층위가 동적으로 구성되도록 설계되었다.

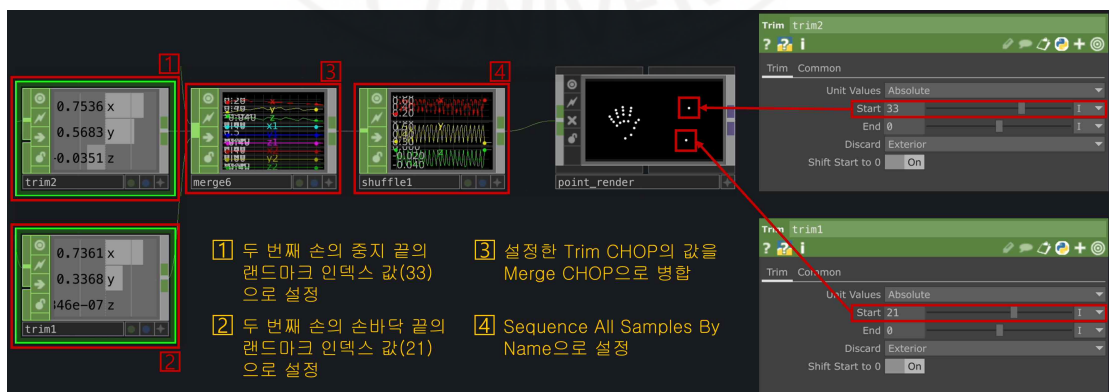


[그림-39] **Threshold TOP**에 각각 할당

핸드 트래킹 랜드마크 데이터의 기능별 시각화 분리 및 처리는 왼손(h1)과 오른손(h2)의 트래킹 데이터가 각각 3D 모델의 파티클 패턴과 형상 회전을 제어하도록 기능을 분리함에 따라, 인터페이스의 직관성을 높이기 위해 랜드마크 표시 방식 또한 차별화하였다. 먼저, 파티

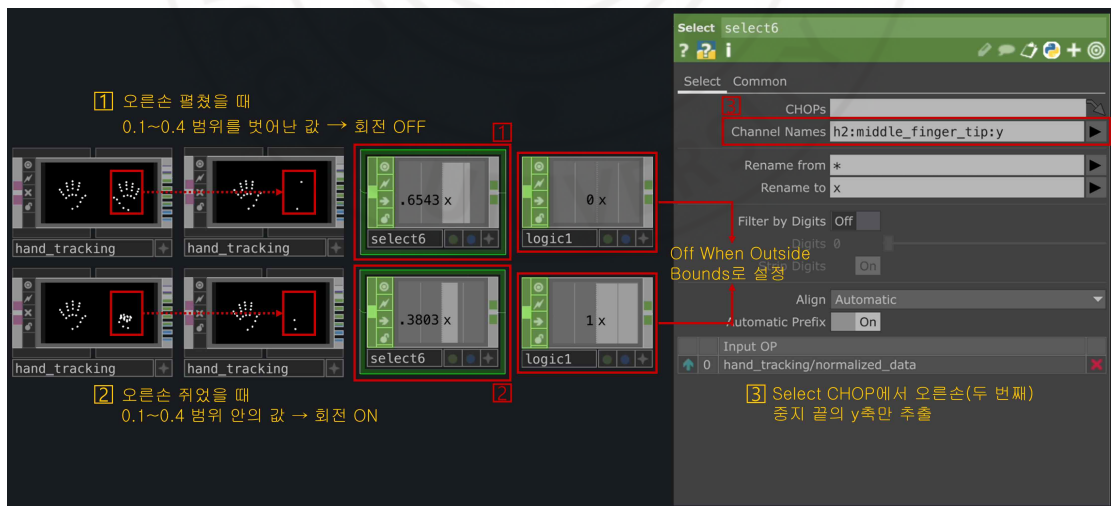
클의 밀집 및 흩뿌려짐 패턴을 연속적으로 제어하는 주된 입력인 왼손(h1)의 경우, 퍼포머에게 손의 위치 및 방향에 대한 명확한 피드백을 제공하기 위해 MediaPipe가 제공하는 모든 랜드마크(index 0부터 20)를 시각화에 그대로 활용하도록 설정하였다.

한편, 오른손(h2)은 손을 쥐고 펴는 제스처를 통해 스님 형상 3D 모델의 y축 회전 값(0 또는 1)을 이진적으로 제어하는 역할을 수행했다. 이 제스처 기반의 명확한 제어 방식을 시각적으로 강조하고 불필요한 복잡성을 제거하기 위해, 오른손 랜드마크 중 제스처의 핵심을 이루는 두 지점, 즉 중지 끝과 손바닥 끝만을 선별적으로 추출하였다. 이 추출 과정은 랜드마크 데이터에 **Trim CHOP** 오브젝트를 적용하여 해당 두 랜드마크에 해당하는 샘플만을 지정 범위로 선별하고, 이를 **Merge CHOP** 오브젝트로 통합한 뒤, **Shuffle CHOP** 오브젝트의 Sequence All Samples By Name 방식을 거쳐 최종적으로 시각화 및 제어 입력으로 활용하는 방식으로 구현되었다. 결과적으로, 오른손의 시각적 표시는 핵심 지점만을 강조하며 간소화되었고, 퍼포머는 이를 통해 손의 쥐고 펴는 상태를 직관적으로 인지하여 목표 모델의 회전 제어에 집중할 수 있도록 유도되었다.

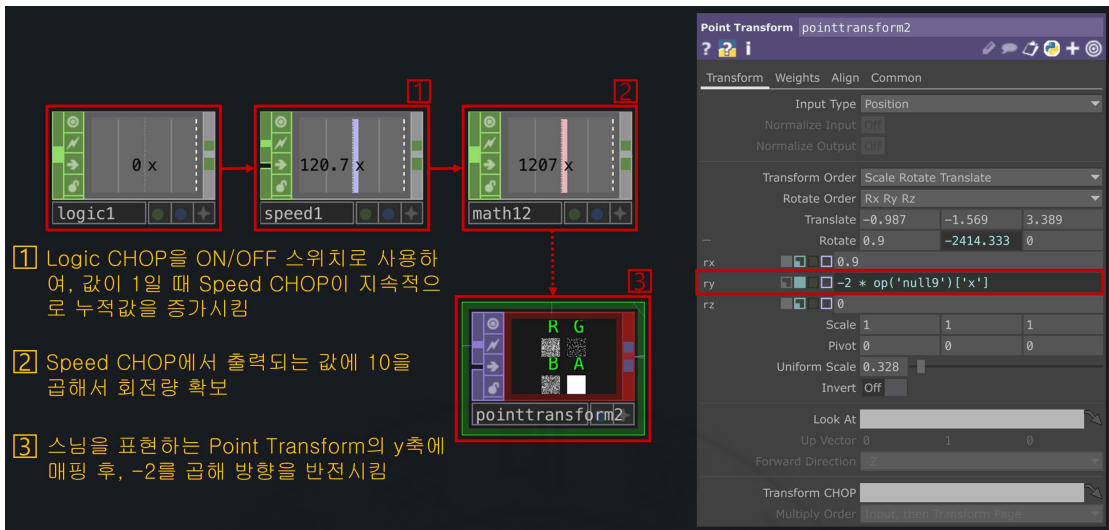


[그림-40] **Trim CHOP**을 사용하여 관절 포인트 표시 제어

다음으로 오른손의 동작은 스님의 형상을 표현하는 3D 모델의 y축 회전 제어를 위해 구성하였다. 오른손의 h2:middle_finger_tip:y 값을 **select CHOP** 오브젝트로 추출하였으며, 손을 펼쳤을 때 약 0.7, 주먹을 쥐었을 때 약 0.3의 값을 생성하는 점을 활용하여 제스처 판별 기준을 설정하였다. **Logic CHOP** 오브젝트에서 0.1~0.4의 입력 범위가 감지될 때 1을 출력하도록 구성하여 주먹 → 1이라는 이진 신호(binary signal)가 생성되도록 하였다. 이후 **Speed CHOP** 오브젝트를 통해 값의 누적 변화를 부드럽게 만들고, **Math CHOP**에서 10을 곱하는 스케일링(scaling)을 수행하여 회전량을 충분히 확보하였다. 최종적으로 변환된 값은 스님 3D 모델에 연결된 **Point Transform TOP** 오브젝트의 rotate y 파라미터에 참조되었다. 이 구조는 오른손의 주먹 쥐기, 펴짐 동작에 따라 3D 모델이 회전하거나 정지하도록 작동하며, 퍼포머의 제의적 몸짓이 시각적 개입으로 실시간 변환되는 인터랙티브 영상 환경을 구축한다.



[그림-41] 오른손 펼쳤을 때와 쥐었을 때의 값



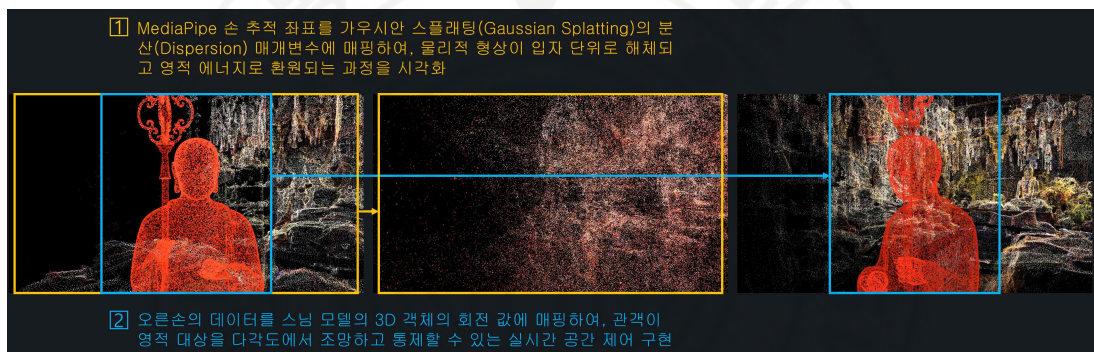
[그림-42] 스님 3D 모델의 y축에 오른손 값 할당

따라서 이러한 기술적 프로세스는 단순한 3D 오브젝트의 조작을 넘어, 가우시안 스플래팅으로 구현된 종교적 도상을 해체하고 재구성하는 수행적 장치로 기능한다. 이는 본 연구가 지향하는 물질과 비물질의 경계 허물기를 달성하기 위한 핵심적인 인터랙션 기제로 작용하며, 이에 대한 종합적인 연구 성과는 신체적 개입을 통한 영적 대상의 가변성 체험이다. 기존의 오컬트 대중매체에서 불상이나 무당과 같은 종교적 상징물은 영적 권위를 가진 고정불변의 성물로 묘사되거나, 혹은 파괴되어야 할 대상으로 대상화되는 경향이 있었다.

반면 본 연구는 MediaPipe 기반의 핸드 트래킹 기술을 활용하여 퍼포머의 손짓 하나로 이러한 견고한 형상을 데이터 입자로 환원시키는 권한을 부여하였다. 앞서 기술 연구에서 서술한 바와 같이, 왼손의 좌표값에 따라 스님이나 무당의 형상이 본래의 형태를 잃고 허공으로 흩뿌려지는 시각적 연출은, 영적 존재가 고정된 실체가 아니라 끊임없이 유동하는 에너지의 집합체임을 직관적으로 보여준다. 동시에 오른손의 제스처를 통해 대상을 회전시키며 전방위적으로 관조하는 행위는, 인간

이 기술을 매개로 영적 영역을 제어하고 탐구하는 테크노 샤먼의 지위를 획득하게 한다.

결과적으로, 눈앞에 존재하던 성스러운 형상이 나의 손짓에 의해 먼지처럼 흩어지고 다시 모이는 과정을 목격함으로써, 관객은 대상의 실재성에 대한 의심과 존재론적 불안을 느끼게 된다. 이는 시각적 공포를 주입하는 것이 아니라, 관객 스스로 형체 없는 에너지의 불안정성을 감각하게 함으로써, 디지털 환경에서의 새로운 제의적 몰입과 심리적 긴장감을 완성했다.



[그림-43] MediaPipe 기반의 핸드 트래킹과 객체의 실시간 상호작용 구조

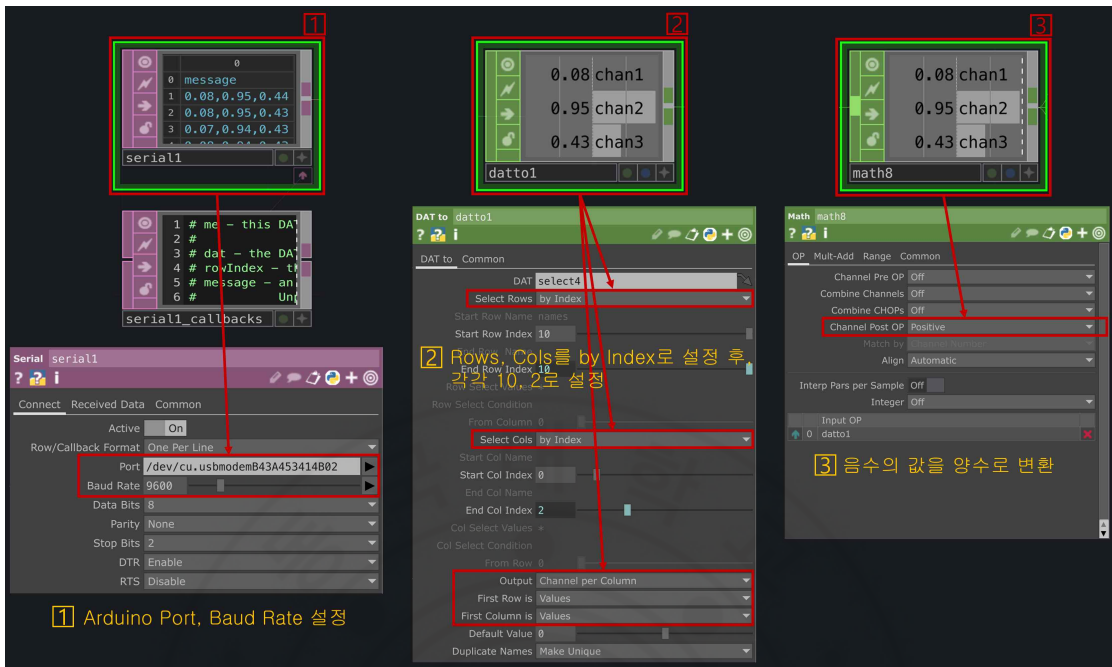
5) MPU6050 기반 자이로 센서 인터랙션 구조

본 작품에서는 또 다른 형태의 인터랙션 구조로서 아두이노 우노 R4 와이파이(Arduino UNO R4 WiFi)⁸¹⁾와 자이로 센서 MPU6050을 결합한 실시간 동작 기반 인터페이스를 구축하였다. Arduino UNO R4 WiFi와 자이로 센서 MPU6050을 통해 획득된 3축 가속도 데이터(accel X, accelY, accelZ)는 16384.0으로 정규화 과정을 거친 후, 쉼표로 구분된 문자열 형태로 변환되었다. 이 데이터는 약 100ms(초당 약 10Hz)의 전송 주기와 9600bps의 보오율(baud rate)⁸²⁾로 시리얼 포트를 통해 TouchDesigner의 **Serial DAT**⁸³⁾ 오브젝트로 전달되어 동기화되도록 설정하였다. TouchDesigner에서는 **Serial DAT**을 통해 수신된 문자열 데이터를 **Convert DAT** 오브젝트 및 **DAT to** 오브젝트를 순차적으로 사용하여 x, y, z의 세 채널로 분리하였다. 이후 **Math CHOP**의 channel post OP 파라미터에서 positive 연산을 적용하여 음수 값을 양수로 변환함으로써, 센서 방향성에 따른 부호 차이를 제거하고 인터랙션 제어에 적합한 정규화된 값으로 통합하였다. 이와 같이 정제된 세 축의 값은 서로 다른 시각적 파라미터에 분산·매핑되어 하나의 통합된 자이로 기반 비주얼 시스템을 구성한다.

81) 32비트 Renesas RA4M1 칩셋을 탑재한 마이크로컨트롤러 보드

82) 직렬 통신(serial communication)에서 데이터의 전송 속도를 나타내는 단위로, 초당 전송되는 심볼(symbol)의 수를 의미

83) 'Data Operator'의 약자로, TouchDesigner에서 텍스트 문자열(string), 스크립트, XML, 테이블(table) 형태의 비정형 데이터를 처리하는 오퍼레이터 군을 지칭

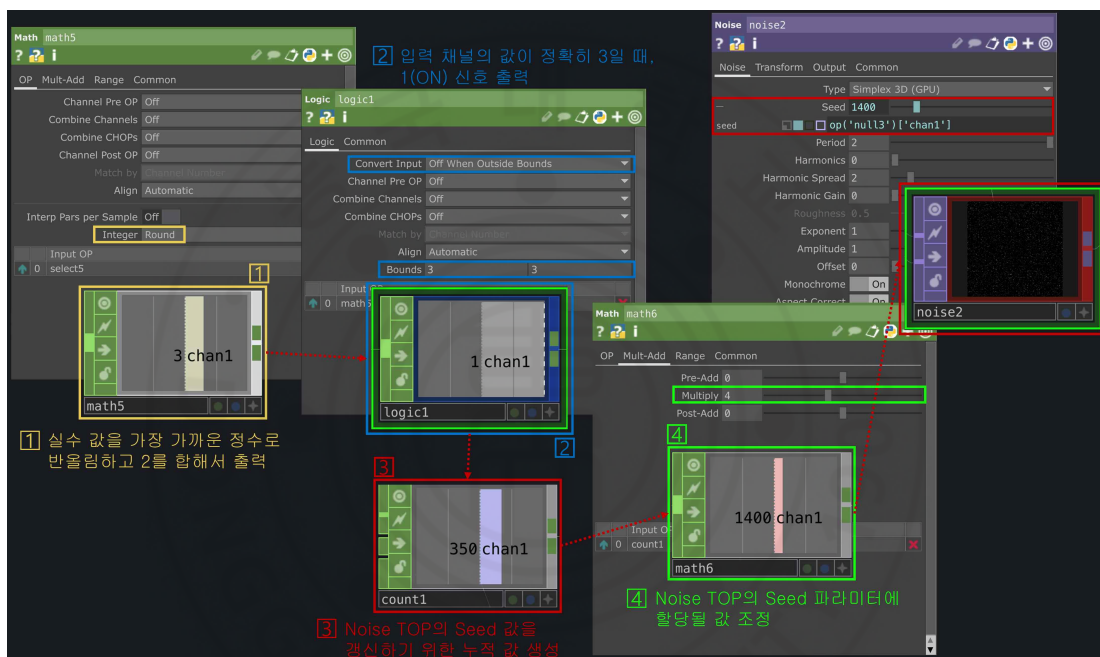


[그림-44] Serial DAT를 이용한 데이터 값 수신

첫째, x축 데이터는 포인트 클라우드의 노이즈 분포 위상과 패턴을 제어하는 **Noise TOP**의 Seed⁸⁴⁾ 파라미터에 매핑되었다. 기존의 연속적인 값 매핑 방식 대신, x축의 움직임을 이산적인 패턴 갱신 트리거로 변환하기 위해 다음과 같은 CHOP 흐름을 구축하였다. 먼저, 입력된 x축 데이터는 **Math CHOP**을 통해 가장 가까운 정수로 반올림(round)하고 2를 더하는 전처리를 거쳤다. 이 값은 **Logic CHOP**에서 Bounds를 3으로 설정하고 Off When Outside Bounds 기능을 사용하여, 반올림된 x축 값이 정확히 3일 때만 1(ON)의 순간적인 펄스 신호로 변환되도록 설정하였다. **Count CHOP** 오브젝트는 이 순간적인 펄스를 수신하여 누적된 정수 값을 생성하며, 이 누적 값이 **Noise TOP**의 새로운 Seed 값으로 할당된다. 이에 따라 센서의 미세한 기울기 변화가

84) 의사 난수 생성기(pseudorandom number generator)에서 난수열을 생성하기 위해 초기에 입력되는 기준값을 의미

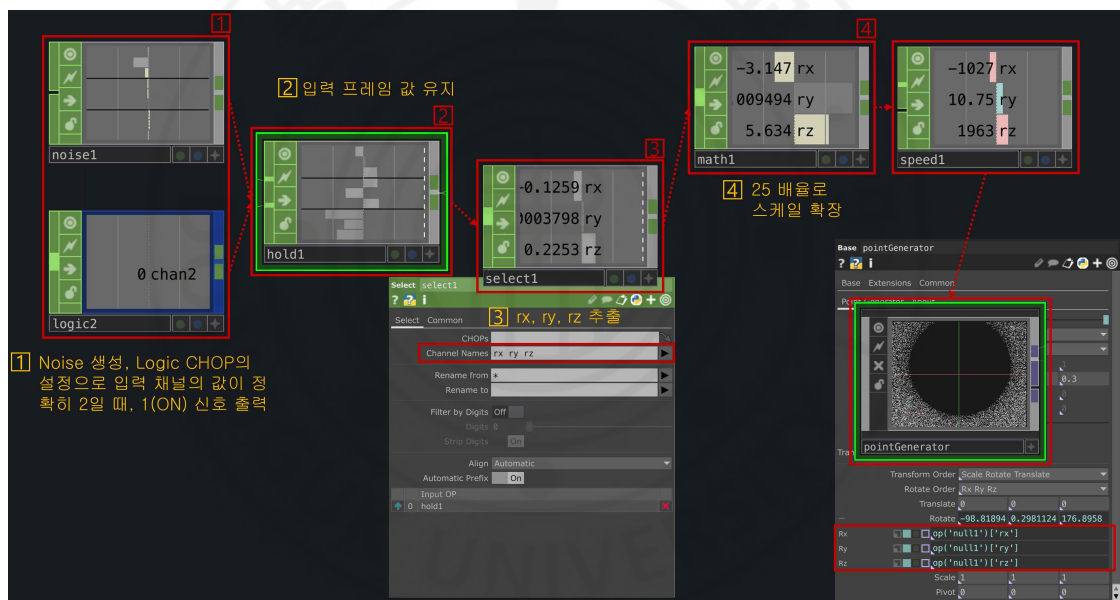
지속적인 변형을 유발하는 대신, 특정 임계값(반올림된 x축 값이 3이 되는 순간)을 충족할 때마다 노이즈 패턴의 기초 위상인 Seed 값이 단계적으로 갱신된다. 결과적으로, 포인트 클라우드의 노이즈 구조는 트리거 발생 시 완전히 새로운 패턴으로 재배치되며, 이는 일정 형태 내에서 불연속적으로 변화하는 독특한 시각적 질감을 형성한다.



[그림-45] x축 데이터 값의 신호 처리 파이프라인

둘째, y축 데이터는 **Noise CHOP** → **Hold CHOP**오브젝트 → **Select CHOP** → **Math CHOP** → **Speed CHOP**으로 이어지는 일련의 신호 처리 파이프라인에 통합되었다. 먼저, **Noise CHOP**(Sparse)은 시간축에 따른 미세한 변조 값을 생성한다. 이후 **Hold CHOP**은 **Logic CHOP**의 트리거가 특정 값인 2에 도달하는 순간 변조값을 고정시켜, Noise의 특정 지점에서 회전 상태를 안정적으로 유지하는 샘플-홀드(Sample & Hold)⁸⁵⁾ 구조를 형성한다. 이어서 **Select CHOP**은 입력 신호

호 가운데 회전 제어에 필요한 rx, ry, rz만을 추출하여 불필요한 데이터의 간섭을 제거한다. 이렇게 선택된 y축 데이터는 **Math CHOP**에서 25의 배율로 스케일 확장되어 3D 회전 파라미터로 사용하기 적합한 범위로 변환된다. 변환된 값은 다시 **Speed CHOP**으로 전달되며, **Speed CHOP**은 입력 신호의 변화량을 시간적으로 누적하여 회전량이 단발적 변화가 아니라 지속적·점진적으로 축적되는 동역학적 특성을 갖도록 만든다. 이는 흔들림, 기울기, 치우침 등이 단순한 값 변화가 아닌 운동적 흐름으로 시각화되도록 하는 핵심 단계이다.



[그림-46] y축 데이터 값의 신호 처리 파이프라인

셋째, z축 데이터는 **Math CHOP**, **Logic CHOP**, **Count CHOP**을 순차적으로 거쳐 두 개의 **Feedback TOP**의 reset pulse 파라미터에

85) 아날로그 신호 처리 및 디지털 시스템에서, 연속적으로 변화하는 입력 신호의 값을 특정 시점(trigger)에 포착(sample)하여 다음 트리거 신호가 올 때까지 그 값을 일정하게 유지(hold)하는 회로 또는 알고리즘

매핑되었다. 먼저 **Math CHOP**은 입력된 z축 값을 가장 가까운 정수로 반올림(Round)하여, 미세한 흔들림이나 센서 노이즈로 인해 발생하는 불규칙한 변화를 제거하였다. 이 과정은 신호를 명확한 이산값(discrete value)으로 정규화하여, 후속 단계에서 임계값 중심의 판단을 안정적으로 수행할 수 있도록 마련한 절차이다. 이후 **Logic CHOP**에서는 입력 값이 정확히 1일 때에만 1(ON)을 출력하도록 설정하였다. 이는 z축의 빠르고 강한 변화를 선택적으로 감지하기 위한 트리거(trigger) 생성 단계로, 불필요한 작은 움직임은 배제하고 특정 조건을 만족한 경우에만 신호가 전달되도록 한다. 이어서 **Count CHOP**은 **Logic CHOP**에서 출력된 1 신호를 누적·증가시키는 방식으로 동작하였다. 이 누적 기반의 구조는 일시적인 피크 값에 반응하는 것이 아니라, 일정 강도 이상의 의미 있는 변화가 일정 시간 지속될 때에만 반응하는 안정적 검출 메커니즘을 제공한다. 마지막으로 **Count CHOP**의 출력 신호는 두 개의 **Feedback TOP**의 reset pulse 파라미터에 연결되었다. reset pulse가 활성화되면 화면에 축적된 피드백 이미지가 즉시 초기화되며, 포인트 클라우드 기반의 시각 요소들이 다시 분산·재배치된다. 이러한 과정은 강한 제스처 입력에 반응하여 화면이 순간적으로 지워지고 재생성되는 급격한 갱신 효과를 만들며, 이는 작품에서 무령의 돌발적 소환 혹은 흐름의 급격한 전환과 같은 서사적 순간을 시각적으로 강화하는 기능을 수행한다.



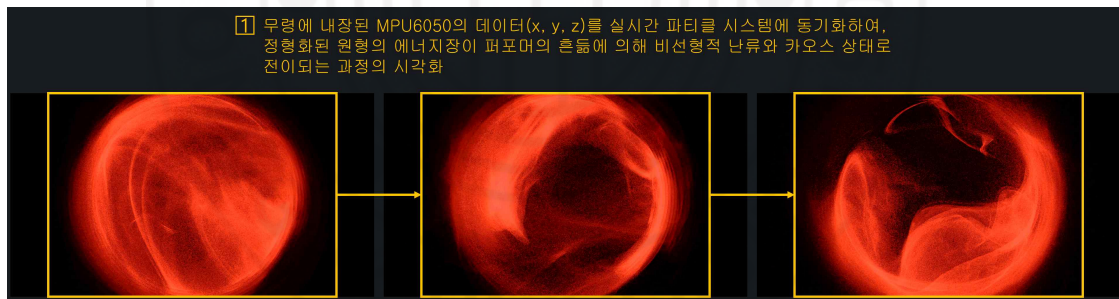
[그림-47] z축 데이터 값의 신호 처리 파이프라인

종합적으로 MPU6050에서 추출된 x, y, z의 세 축 데이터는 각각 노이즈 시드 변화(x), 포인트 회전(y), 피드백 리셋(z)의 역할로 구분되어 비주얼 전체의 움직임과 구조를 통합적으로 제어한다. 공연에서는 MPU6050 센서를 작은 방울 내부에 삽입하여 무령에 부착하였으며, 무령을 흔드는 제의적 동작이 곧 센서 데이터의 변화로 이어져 화면 속 원형 포인트 구조가 실시간으로 요동·회전·재배치되도록 구현하였다. 이를 통해 물리적 제의 행위가 디지털 시각 변조로 전환되는 감각적 매개 구조가 형성되며, 무령의 움직임이 보이지 않는 영적 파동을 시각적으로 기록하는 확장된 제의적 제스처로 작동하도록 설계하였다.

이러한 인터랙션 구조는 무령이 지닌 청각적 호출 기능을 시각적 에너지의 발산으로 확장시키는 공감각적 성과를 보여준다. 본 연구는 MPU6050 센서를 통해 수집된 퍼포머의 물리적 떨림을 단순한 데이터가 아닌, 영적 에너지를 증폭시키는 기폭제로 해석하였다. 그림에서 볼

수 있듯, 초기 상태의 파티클은 정돈된 원형을 유지하며 제의적 공간의 결계를 상징한다. 그러나 퍼포머가 무령을 흔드는 순간, x, y, z축의 가속도 데이터가 급격하게 변동하며 원형의 경계를 무너뜨리고, 비선형적인 노이즈와 회전을 동반한 카오스 상태로 전이된다. 이는 질서에서 무질서로의 이행이라는 변화를 시각화한 것이며, 동시에 눈에 보이지 않는 객귀의 에너지가 공간을 장악해 나가는 과정을 상징한다. 관객은 이 붉은색 파티클의 격렬한 요동을 보며, 무령 소리(청각)와 파티클의 움직임(시각)이 일치되는 경험을 통해 마치 공간 자체가 살아 움직이는 듯한 실재감을 느끼게 된다.

결과적으로, 센서 기반의 이 인터랙션은 기술을 통해 보이지 않는 기운을 물리적으로 제어 가능한 디지털 유체로 변환함으로써, 관객에게 압도적인 시각적 몰입과 함께 제의적 현장성을 극대화하였다.



[그림-48] MPU6050 데이터와 연동된 파티클의 비선형적 확산 및 시각화

3. 센서 및 실시간 인터페이스 시스템 연구

1) Arduino UNO R4 WiFi 시스템 개요

본 작품에서 사용된 센서 기반 인터랙션 시스템은 Arduino UNO R4 WiFi 보드를 중심으로 구축되었다. Arduino UNO R4 WiFi는 이전 세대 모델(UNO R3)에 비해 연산 속도, 메모리 용량, I/O 처리 능력이 향상되었으며, 특히 실시간 센서 데이터 스트리밍 환경에서 안정적인 성능을 제공한다. 본 작품에서는 센서 데이터를 TouchDesigner로 지속적으로 전송해야 하므로, 높은 신뢰도의 시리얼 처리 능력과 간단한 I²C 통신⁸⁶⁾ 구조를 모두 갖추고 있는 Arduino UNO R4 WiFi가 적합한 장치로 판단되었다. 또한 WiFi 기능이 포함되어 있으나, 본 작품에서는 유선 시리얼 통신⁸⁷⁾ 기반의 안정성 확보가 중요했기 때문에 USB-C 연결 방식으로 센서 신호를 송출하였다.

센싱 모듈로는 MPU6050(6-axis motiontracking device)을 사용하였다. MPU6050은 3축 가속도 센서(accelerometer)⁸⁸⁾와 3축 자이로스코프(gyroscope)⁸⁹⁾가 하나의 칩에 집적된 구조로, 크기가 매우 작고 I²C 기반으로 연결이 간단하며, 실시간 동작 변화·충격·흔들림을 감지하기에 적합하다. 무렵 내부의 제한된 공간에 삽입하기 위해서는 경량·소형 센서가 필수적이었고, 6축 데이터를 동시에 활용할 수 있다는 점에서 MPU6050이 가장 효율적인 선택지였다. 특히 본 작품의 흔들림·회전·충

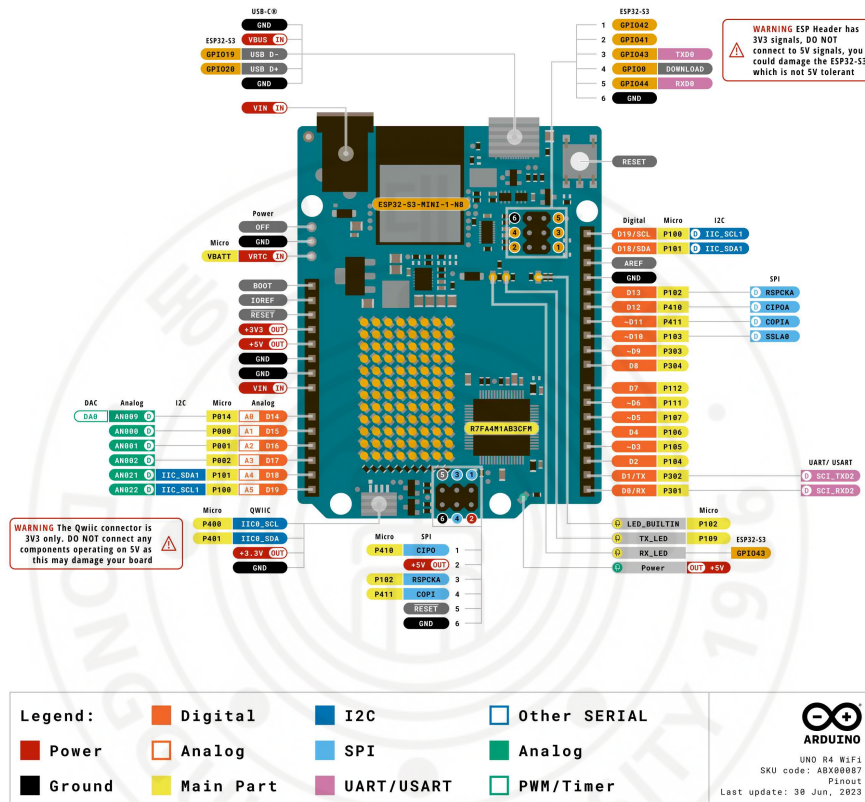
86) 필립스(Philips)에서 개발한 직렬 버스 인터페이스로, 두 개의 신호선(SDA: 데이터, SCL: 클럭)만으로 여러 개의 슬레이브 장치(센서 등)를 제어할 수 있는 통신 프로토콜

87) 데이터를 한 번에 1비트씩 순차적으로 전송하는 통신 방식을 총칭

88) 물체의 속도가 변화하는 비율(가속도)을 측정하는 센서

89) 물체의 회전 속도(각속도, angular velocity)를 측정하는 센서

격이라는 제의적 동작을 물리적으로 감지하기 위해서는 단순한 기울기 센서가 아닌, 3축 가속도 + 3축 자이로를 모두 제공하는 MPU6050의 특성이 필수적이다.

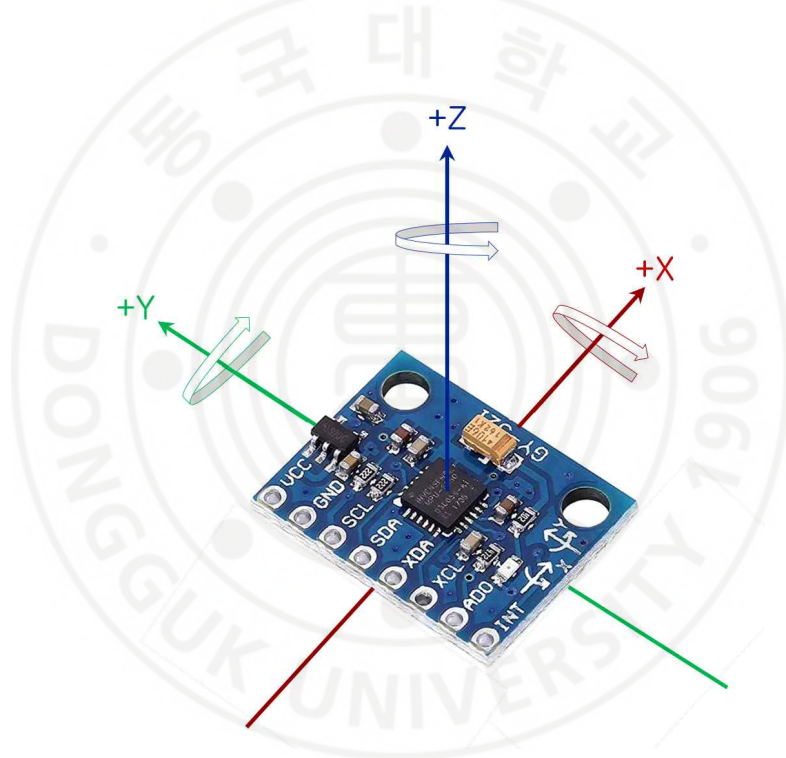


[그림-49] Arduino UNO R4 WiFi pinout diagram⁹⁰⁾

90) <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-r4-wifi/>

2) MPU6050 센서 구조 및 데이터 처리

MPU6050은 I²C 통신 기반으로 Arduino UNO R4 WiFi와 연결되며, 본 작품에서는 센서 데이터를 효율적으로 추출하기 위해 `getMotion6()` 함수⁹¹⁾를 사용하였다. 이 함수는 6개 축(ax, ay, az, gx, gy, gz)의 값을 동시에 읽어들이는 방식으로, 본 연구에서는 이 가운데 가속도 3축(ax, ay, az) 값을 중심으로 인터랙션 신호를 구성하였다.



[그림-50] MPU6050의 3축 회전축⁹²⁾

MPU6050 센서에서 취득되는 가속도 데이터는 내부적으로 $\pm 2g$ 범위로 설정되며, 원시(raw)⁹³⁾ 값은 16비트⁹⁴⁾ 정수 형태로 제공된다. MP

91) MPU6050 아두이노 라이브러리(Jeff Rowberg 기반)에서 제공하는 멤버 함수

92) <https://ko.gnscomponent.com/sensor-module>

U6050의 가속도 레인지가 $\pm 2g$ 로 설정된 경우, $1g$ 는 16384 LSB(least significant bit)⁹⁵⁾로 표현된다. 따라서 원본 센서값을 16384.0으로 나누면 실제 g (중력 가속도 : g -force)⁹⁶⁾ 단위의 물리량으로 변환되며, 본 작품의 시스템에서도 아래와 같은 코드와 같이 이 정규화 과정을 수행하였다.

$$\text{accelX} = a_x / 16384.0$$

$$\text{accelY} = a_y / 16384.0$$

$$\text{accelZ} = a_z / 16384.0$$

이러한 정규화 절차는 TouchDesigner에서 시각적 파라미터로 직접 매핑하기 위한 전처리 과정으로 사용되며, 초당 약 10Hz(전송 간격 약 100ms)의 주기로 지속적으로 송출된다. 전송은 9600bps의 시리얼 전송 속도를 유지하여 TouchDesigner의 **Serial DAT**와 안정적으로 동기화되었다. 정규화된 값은 중력 성분을 포함한 가속도 정보로서 절대 좌표계를 제공하기보다는, 센서 기준에서의 기울기·충격·회전의 상대적인 강도 변화를 표현하는 데 활용된다.

93) 센서나 측정 장비에서 아날로그 신호를 디지털로 변환(ADC)한 직후, 어떠한 보정, 필터링, 또는 물리량 단위 변환(scaling) 과정을 거치지 않은 초기 상태의 디지털 데이터를 의미

94) 디지털 시스템에서 하나의 데이터를 표현하기 위해 사용되는 bit의 수

95) 이진수(binary) 데이터에서 가장 낮은 자릿수를 의미하며, 센서에서는 측정 가능한 최소 단위의 변화량(sensitivity)을 나타내는 지표를 의미

96) 지구 중력에 의해 물체가 받는 힘의 크기를 나타내는 단위

```

6 void setup() {
7   ❶ Serial.begin(9600);
8   Wire.begin();
9   mpu.initialize();
10
11   if (!mpu.testConnection()) {
12     Serial.println("MPU6050 연결 실패");
13     while (1);
14   }
15
16   Serial.println("MPU6050 연결 성공");
17 }
18
19 void loop() {
20   ❷ int16_t ax, ay, az;
21     int16_t gx, gy, gz;
22
23   ❸ mpu.getMotion6(&ax, &ay, &az, &gx, &gy, &gz);
24
25   ❹ float accelX = ax / 16384.0;
26     float accelY = ay / 16384.0;
27     float accelZ = az / 16384.0;
28
29   ❺ Serial.print(accelX, 2);
30     Serial.print(",");
31     Serial.print(accelY, 2);
32     Serial.print(",");
33     Serial.println(accelZ, 2);
34
35   delay(100);
36 }

```

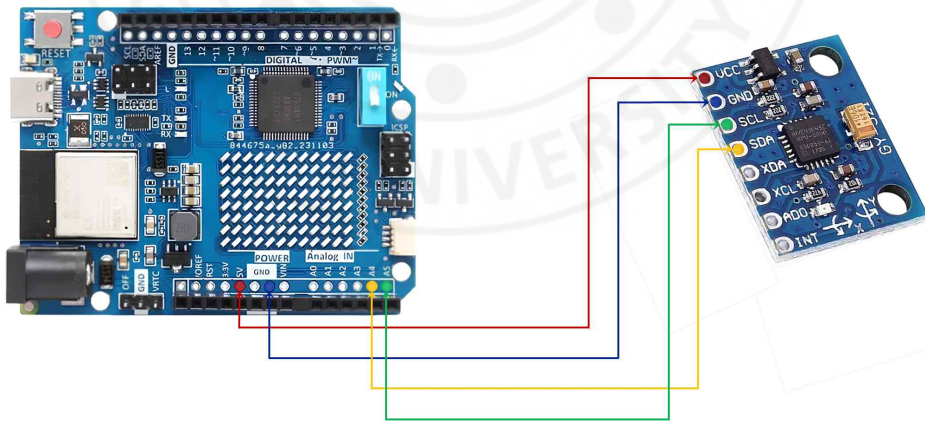
[그림-51] Arduino IDE를 이용한 MPU6050 코드

3) Arduino UNO R4 WiFi와 MPU6050의 배선 구조

MPU6050은 I²C 통신을 사용하므로, 배선은 <표-8>와 같이 단순하게 구성된다.

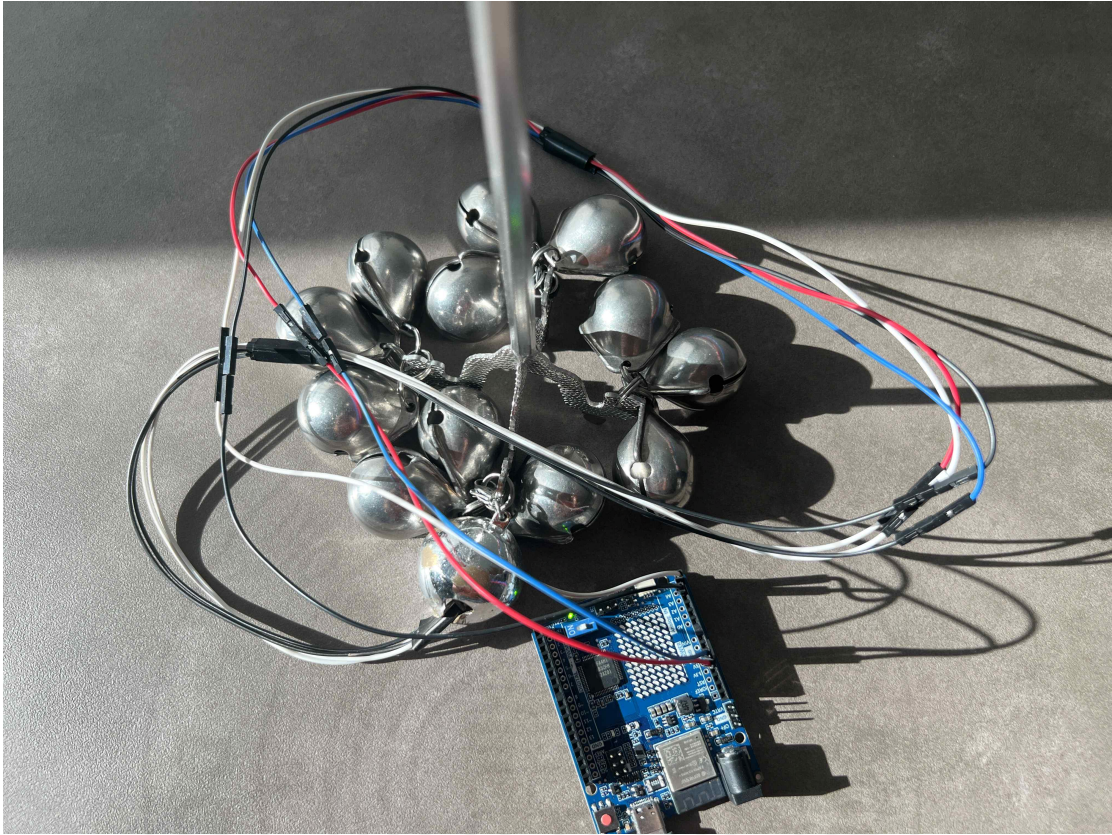
<표-8> Arduino UNO R4 WiFi와 MPU6050의 배선 구조

MPU6050	R4 Pin	기능 설명
VCC	VCC	MPU6050 모듈에 동작 전원을 공급하는 핀으로, Arduino R4의 5V 출력을 통해 센서를 구동
GND	GND	전원 기준점을 공유하기 위한 접지 연결로, 센서와 Arduino 간 신호 기준을 일치시킴
SDL	A5	I ² C 통신에서 clock 신호를 전송하는 SCL(line)로, Arduino R4의 I ² C 클럭 핀(A5)에 연결
SDA	A4	I ² C data 송수신을 담당하는 SDA(line)로, Arduino R4의 I ² C 데이터 핀(A4)과 연결되어 센서 값 전달



[그림-52] Arduino UNO R4 WiFi⁹⁷⁾와 MPU6050의 I²C 배선 구성도

97) <https://store.arduino.cc/products/uno-r4-wifi>



[그림-53] Arduino UNO R4 WiFi와 MPU6050을 내장한 무령 센서 구조

이 네 가닥만으로 통신이 완성되므로, 센서를 방울 내부에 삽입하기 용이하며, 배선이 복잡하지 않아 퍼포머의 움직임에 방해하지 않는다는 점에서 퍼포먼스 환경에 적합하다. 또한 I²C는 노이즈에 강하고 지속적인 데이터 스트림에 안정적이어서, 본 작품처럼 6분간 연속적으로 흔들림 데이터를 수신해야 하는 환경에서 신뢰성 높은 통신 방식을 제공한다.

4) 센서 기반 인터랙션의 미학적 의미

MPU6050 기반 인터랙션은 단순한 기술적 장치가 아니라, 본 작품의 제의적 서사와 직결되는 미학적 역할을 수행한다. MediaPipe 기반의 손 제스처가 주로 시각적 형태의 조작(의도된 움직임)을 담당했다면, MPU6050 기반 인터랙션은 무령이라는 의식 도구의 실제적인 물리 동작을 감지함으로써, 무령의 비의도적 움직임(진동, 충격, 떨림)을 포착한다. 이러한 이중적 신호가 결합되면서 의식 수행에서의 능동적 제의 동작과 무속적 도구의 자율적 에너지라는 이중적 신체성을 표현한다. 무령을 흔드는 동작은 한국 무속에서 영적 존재를 호출하거나 몰아내기 위한 핵심 제스처이며, 본 작품에서는 이 물리적 제의의 움직임이 곧바로 시각적·음향적 변조로 전환된다. 즉, 센서 데이터가 제의적 행위의 흔적을 디지털 공간에 실시간 투사하는 역할을 수행하는 것이다. 구체적인 매핑의 미학적 의미는 다음과 같다. 첫째, x축의 미세한 기울기 변화는 파티클의 노이즈 위상⁹⁸⁾ 변화로 변환되어, 화면 전체가 끊임없이 흔들리는 영적 파동을 생성한다. 둘째, y축의 회전 데이터는 원형 구조의 회전 변조로 이어져, 무령의 물리적 선회가 곧 비주얼의 회전 흐름을 규정한다. 셋째, z축의 충격 데이터는 feedback reset을 야기하여, 화면에 축적된 잔상이 순간적으로 붕괴·재배치되는 의식적 폭발 순간을 만들어낸다. 이러한 구조는 센서의 기술적 기능을 넘어, 전통 제의의 리듬·충격을 디지털 인터랙션으로 확장하는 미학적 의미를 갖는다. 즉, 센서는 단순한 입력 장치가 아니라, 퍼포머의 몸 - 전통 의식 도구 - 디지털 공간 사이를 연결하는 감각적 변환 장치로 기능하며, 작품 전체의 제의적 서사를 강화하는 핵심 구성 요소이다.

98) 주기적인 파동이나 노이즈 함수에서 특정 시점의 위치 상태를 나타내는 물리량

Ⅲ. 작품 <제 의식(祭儀式) : 객귀(客鬼)>의 구성 및 연구 기술의 적용

1. 작품 소개

<제 의식(祭儀式) : 객귀(客鬼)>는 떠도는 령(靈), 즉 객귀를 불러들이고, 그 존재를 위무한 뒤 다시 돌려보내는 일련의 과정을 동·서양 제의(祭儀)의 상징 체계를 기반으로 재해석한 인터랙티브 미디어 퍼포먼스이다. 퍼포머(performer)의 신체 동작과 제의적 행동, 의식 도구의 사용은 실시간 센서 데이터 처리 체계와 결합되며, 물리적 제스처가 시청각적 파동으로 전환, 확장되는 감각 전이(sensory transference) 구조를 형성한다.



[그림-54] <제 의식(祭儀式) : 객귀(客鬼)> 공연 사진

2. 작품 구성

1) 음악 구성

먼저 청각적 구조는 Max/MSP 기반 실시간 프로세싱을 중심으로 구축되었으며, 각 구간의 제의적 분위기와 서사적 흐름에 따라 granular synthesis, comb-filter, pitch shift, delay, reverb 등의 변조 기법이 조합되어 사용되었다. 혼령의 출현 구간에서는 자체 제작된 사운드 레이어가 사용되며, 객귀의 활동 구간에서는 퍼포머가 직접 녹음한 음성을 pitch shift하여 악마적 음색을 구현하였다. 또한 서양 구마의식 장면에서는 중소리와 성가대 소리를 granular synthesis, comb-filter 기반으로 재구성하여 의례적 공간성을 강화하였고, 불교적 퇴마 장면에서는 염·악마 음성을 중심으로 다양한 필터 변조가 적용되었다. 특히 무속이 개입하는 후반부에서는 무령의 실제 사운드가 실시간 comb-filter, pitch shift 효과와 결합되어, 제의적 행위와 음향 변조가 직접적으로 대응하는 인터랙티브 구조가 형성된다.

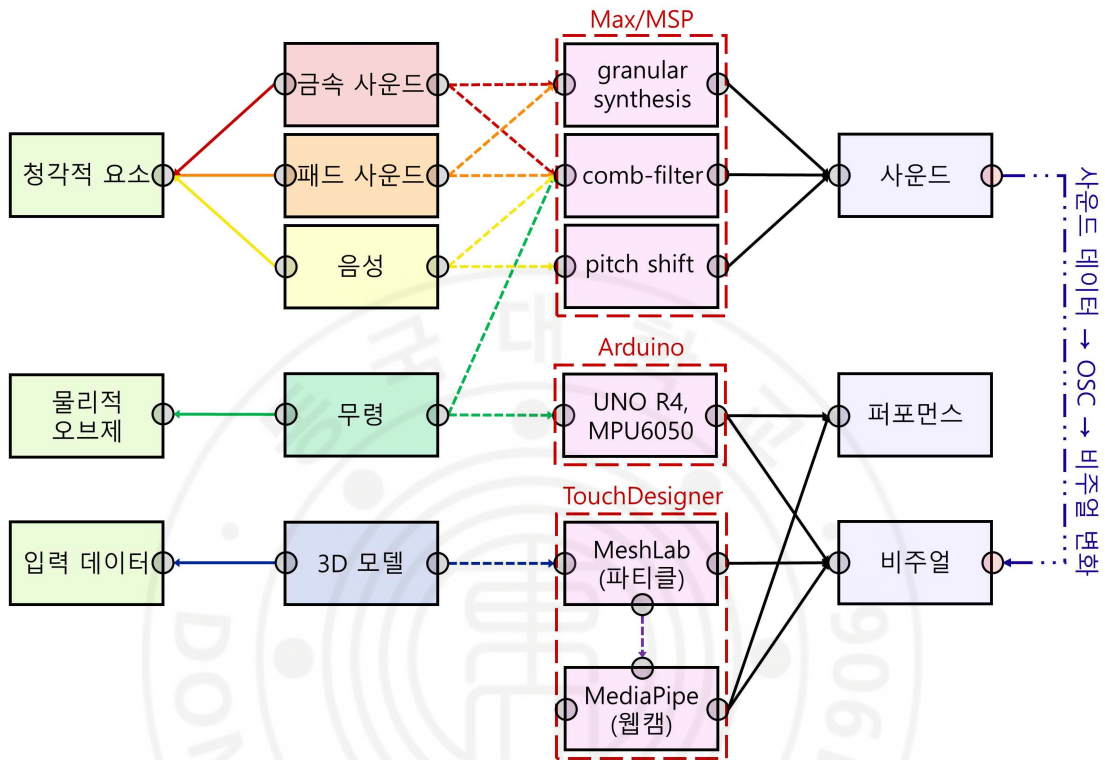
2) 영상 구성

반면, 퍼포머의 손 제스처는 MediaPipe 기반의 손 추적 시스템으로 감지되며, 무령에 부착된 MPU6050 자이로 센서는 흔들림, 회전, 충격 값을 감지하여, Arduino, Max/MSP, TouchDesigner로 이어지는 시각, 음향 처리 체계에 실시간으로 전달된다. 이와 같은 구조를 통해 공연 공간은 단순한 재생 장이 아니라, 퍼포머의 제의적 행위가 디지털 매체적 층위로 변환되어 영적 존재의 움직임을 드러내는 의식 공간으로 재구성된다. 본 작품은 총 5분 49초 분량으로, 전체 흐름은 7개의 서사적

구간(scene)으로 구성된다. 각 구간은 혼령의 출현, 활동, 저항, 그리고 퇴마, 접귀, 귀환으로 이어지는 순차적 과정을 따라 전개되며, 각 장면마다 독립된 시청각 프로세싱과 인터랙션 방식이 적용된다.

<표-9> 음악 구성 및 영상 구성

scene	서사적 내용	청각적 특징 (기술 기반)	시각적 특징 (기술 기반)
A 00:00 ~ 01:04	혼령(객귀)의 등장	- Max/MSP 기반의 낮은 주파수 패드와 노이즈 계열 사용 - 점진적 출현에 맞춘 서사적 동기화	- Line SOP 기반 절차적 비주얼 - 파티클 및 인터랙션 미개입 - Noise 변조로 선형 구조의 균열·왜곡 질감 형성
B 01:05 ~ 02:16	악마(객귀)의 활동	- 리버브, 딜레이로 공간 확산 - pitch shift로 악마적 음색 변조 - attack-heavy transient 강조	- 파티클, Noise TOP, Feedback TOP 사용 - 오디오 음량, 컨트롤러로 실시간 변형 제어
C 02:17 ~ 03:13	서양 구마의식의 개입	- comb-filter 및 granular synthesis로 종소리 잔향 확장 및 백그라운드 파형 생성	- 파티클·선형 요소 혼합 - 특정 주파수대에 threshold 매핑 - 신성한 상징을 비추는 푸른색 선 발생 및 파티클 움직임
D 03:14 ~ 04:02	불교적 퇴마의 도입 및 악귀의 반발	- 염불 소리 comb-filter 적용 - 악마 소리, pitch shift 왜곡 - granular synthesis + comb-filter로 불규칙적 진동감 생성	- 원형 파티클 구조 기반 - 염불에 radius, scale 변조 매핑 - 악귀 음성에 Feedback reset 및 noise displacement 강화를 통한 파티클의 파열·복원 반복
E 04:03 ~ 04:41	서양(사제), 불교, 무속이 결합된 통합 퇴마 의례	- 무령, 염불에 실시간 pitch shift + comb-filter 적용 - 팽과리, 칼 등 comb-filter + granular synthesis 강화 - 음향 밀도를 최대치로 구성	- 인터랙션 기술의 개입 구간 - MPU6050 (무령 흔들림)이 Feedback reset 및 재배치 유도 - MediaPipe (손 제스처)가 파티클의 밀도, 회전 제어
F 04:42 ~ 05:22	접귀(憑鬼)의 순간: 객귀가 살아있는 존재에 잠식	- 돼지, 구토, 물소리에 granular synthesis 확장 적용 - 불규칙한 진동 패턴과 함께 음향 공간 왜곡	- 오디오 기반 인터랙션 - 돼지, 구토 사운드의 주파수 대역을 파티클의 압축 → 폭발 변조 및 threshold 충격값에 매핑하여 형태의 일시적 무너짐
G 05:23 ~ 05:49	악귀의 귀환: 또 다른 인간을 속주로 삼는 순환	- 구두 소리와 문 두드림을 pitch shift + 외부 소프트웨어 조합으로 재현 - 최소 요소로 공포적 여운 형성	- 비주얼 출력 중단 및 암전 - 소리 기반의 상상적 씬으로 엔딩 - 악귀가 새로운 속주를 찾아 세계로 돌아오는 순환 구조 암시



[그림-55] 작품 구성 도식화

3. 작품에서의 기술 적용

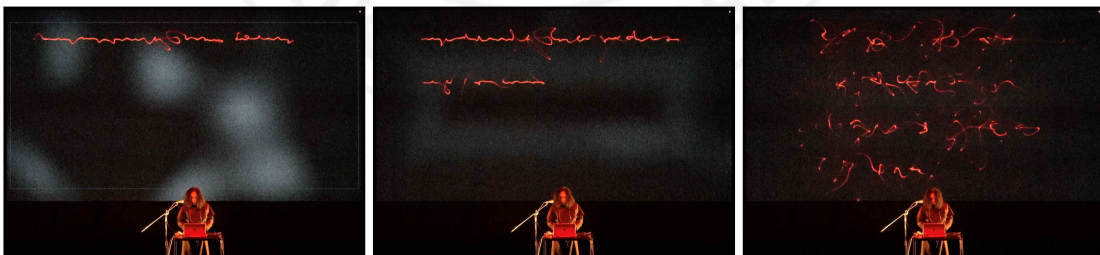
본 절에서는 각 장면(scene)에서 적용된 시각·청각 프로세싱과 인터랙션 구조를 통합적으로 기술한다. <표-10>~<표-16>의 기술적 구조와 이를 통해 구현된 [그림-56]~[그림-61]의 시각적 결과물을 토대로, 기술적 처리 흐름과 서사적 의미의 연계성을 서술형으로 정리하였다.

1) A scene

00:00 - 01:04 혼령(客鬼)의 등장 초입 구간은 어둠 속에서 점진적으로 형태가 드러나는 방식으로 구성되며, 시각적·청각적 요소 모두 출현의 서사를 기반으로 한다. 시각적으로는 **Line SOP**와 **Noise SOP**를 결합하여 최소한의 점·선 구조가 화면에 등장하도록 설정하였고, 이는 Threshold 및 인위적 변조 없이 가장 기본적인 형태로 혼령의 존재감을 은유한다. 청각적으로는 Max/MSP 기반의 낮은 주파수 패드와 노이즈 계열의 음향을 사용하여 모호하고 불확실한 분위기를 구축하였다. 두 매체는 모두 점진적 증폭·확산을 통해 혼령이 세계로 스며드는 순간을 표현하며 이후 구간에서 발생할 실시간 변조의 기반을 형성한다.

<표-10> A scene에 적용된 사운드 프로세싱과 영상 효과

시간	서사적 내용	청각적 특징 (기술 기반)	시각적 특징 (기술 기반)
00:00 ~ 01:04	혼령(객귀)의 등장	<ul style="list-style-type: none"> - Max/MSP 기반의 낮은 주파수 패드와 노이즈 계열 사용 - 점진적 출현에 맞춘 서사적 동기화 	<ul style="list-style-type: none"> - Line SOP 기반 절차적 비주얼 - 파티클 및 인터랙션 미개입 - Noise 변조로 선형 구조의 균열·왜곡 질감 형성



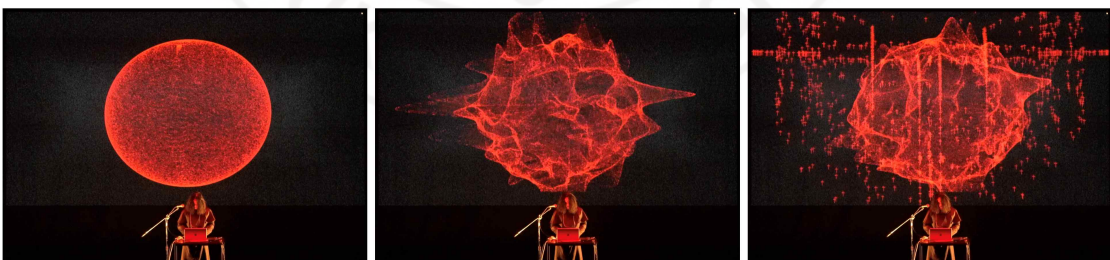
[그림-56] A scene 영상 효과 변화

2) B scene

01:05 - 02:16 악마(객귀)의 활동 구간에서는 비주얼과 오디오 모두 파괴적이면서도 불규칙한 변동성을 중심으로 구성된다. 시각적으로는 파티클 시스템, **Noise TOP**, **Feedback TOP**이 주요 요소로 사용되며, 오디오의 음량 값에 따라 파티클의 외곽 붕괴, 확장, 진동 강도가 변화한다. 또한 사용된 MIDI 컨트롤러 fader 값은 파티클의 패턴과 움직임을 실시간으로 조정하는 데 활용된다. 청각적으로는 reverb, delay 기반의 공간 음향과 함께, 직접 녹음한 음성을 pitch shift하여 악마적 음색을 구현하였다. attack이 강조된 transient 계열 소리가 반복적으로 등장해 객귀가 활발히 움직이고 세력을 확장하는 분위기를 형성한다.

<표-11> B scene에 적용된 사운드 프로세싱과 영상 효과

시간	서사적 내용	청각적 특징 (기술 기반)	시각적 특징 (기술 기반)
01:05 ~ 02:16	악마(객귀)의 활동	- 리버브, 딜레이로 공간 확산 - pitch shift로 악마적 음색 변조 - attack-heavy transient 강조	- 파티클, Noise TOP, Feedback TOP 사용 - 오디오 음량, 컨트롤러로 실시간 변형 제어



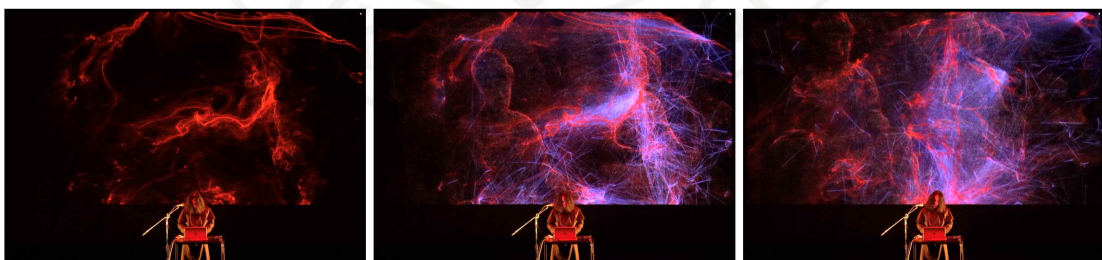
[그림-57] B scene 영상 효과 변화

3) C scene

02:17 - 03:13 서양 구마의식의 개입 장면은 시각과 청각 모두 서양의 종교적 제의(샤머니즘·엑소시즘)의 상징 체계를 기반으로 구성된다. 시각적으로는 파티클과 선형 요소가 결합된 구조가 나타나며, 파란색 계열의 빛과 특정 음향에 맞춘 임계값 변화가 혼합된다. 손 추적(tracki ng) 기반 움직임은 화면 상에 빛의 균열 및 분산 패턴을 생성하여 정화 제스처를 시각적으로 치환한다. 청각적으로는 종소리와 성가대 소리를 granular synthesis와 comb-filter로 재해석하여 제의적 공간성을 강화하였다. 기존 음원을 시간적으로 분절·재배열하고, 공명 구조를 강조하는 필터링(filtering) 처리를 통해 초월적·영적 분위기를 조성한다.

<표-12> C scene에 적용된 사운드 프로세싱과 영상 효과

시간	서사적 내용	청각적 특징 (기술 기반)	시각적 특징 (기술 기반)
02:17 ~ 03:13	서양 구마의식의 개입	- comb-filter 및 granular synthesis로 종소리 잔향 확장 및 백그라운드 파형 생성	- 파티클·선형 요소 혼합 - 특정 주파수대에 threshold 매핑 - 신성한 상징을 비추는 푸른색 선 발생 및 파티클 움직임



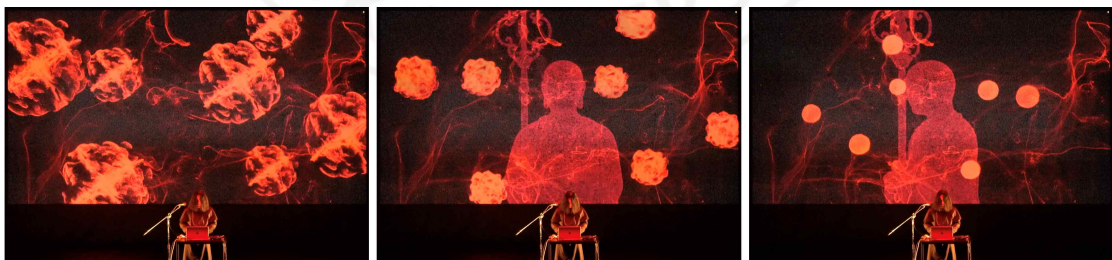
[그림-58] C scene 영상 효과 변화

4) D scene

03:14 - 04:02 불교적 퇴마의 도입 및 악귀의 반발 구간은 서양 제의에서 불교적 퇴마 장면으로 전환되는 구조를 갖는다. 시각적으로는 원형 파티클 구조가 중심이 되며, radius·scale 변조가 악귀의 음성 및 오디오 피드백 신호에 따라 크게 요동한다. 또한 noise displacement 강도를 증폭시켜 파티클이 분리·왜곡·복원되는 과정을 통해 악귀의 반발을 표현한다. 청각적으로는 염 소리를 중심으로, 악마 음성에는 pitch shift, comb-filter, granular synthesis 등이 적용된다. 각각의 필터는 염의 규칙성과 악마 소리의 불규칙성을 교차시키며 서사적 긴장감을 구성한다.

<표-13> D scene에 적용된 사운드 프로세싱과 영상 효과

시간	서사적 내용	청각적 특징 (기술 기반)	시각적 특징 (기술 기반)
03:14 ~ 04:02	불교적 퇴마의 도입 및 악귀의 반발	<ul style="list-style-type: none"> - 염불 소리 comb-filter 적용 - 악마 소리, pitch shift 왜곡 - granular synthesis + comb-filter로 불규칙적 진동감 생성 	<ul style="list-style-type: none"> - 원형 파티클 구조 기반 - 염불에 radius, scale 변조 매핑 - 악귀 음성에 Feedback reset 및 noise displacement 강화를 통한 파티클의 파열·복원 반복



[그림-59] D scene 영상 효과 변화

5) E scene

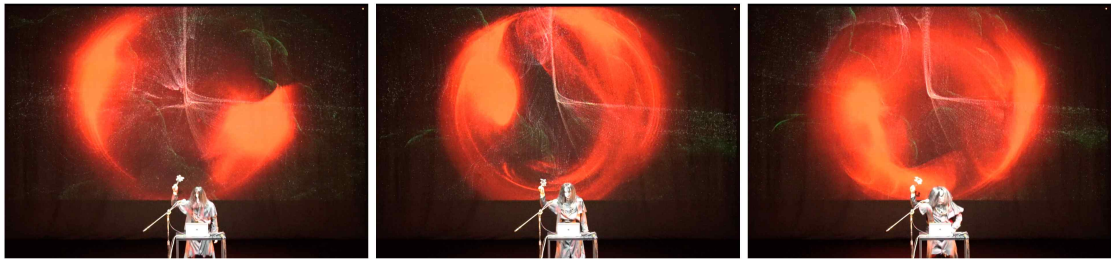
04:03 - 04:41 서양(사제), 불교, 무속이 결합된 통합 되마 의례 장면은 작품 전반에서 기술적으로 가장 복합적인 구조를 가진다. 시각적으로는 MediaPipe 기반 손 제스처와 MPU6050 기반 무령 흔들림 데이터가 동시에 파티클과 피드백 구조에 영향을 미친다. z축의 충격 값은 feedback reset을 유발하여 화면 전체를 재배치하며, y축 회전 값은 회전 기반 파티클 변형을 일으킨다. 손 제스처는 비주얼의 밀도 및 회전 변화에 직접적 영향을 미친다. 청각적으로는 무령, 염, 징·북·뿔과리 등 실제 의식 도구의 소리가 중심을 이루며, 실시간 pitch shift 및 comb-filter 변조가 적용된다. 사제·불교·무속의 음향적 코드가 병렬적으로 등장하며, 다층적인 음향 텍스처를 통해 클라이맥스가 형성된다.

<표-14> E scene에 적용된 사운드 프로세싱과 영상 효과

시간	서사적 내용	청각적 특징 (기술 기반)	시각적 특징 (기술 기반)
04:03 ~ 04:41	서양(사제), 불교, 무속이 결합된 통합 되마 의례	-무령, 염불에 실시간 pitch shift + comb-filter 적용 - 뿔과리, 칼 등 comb-filter + granular synthesis 강화 - 음향 밀도를 최대치로 구성	- 인터랙션 기술의 개입 구간 - MPU6050 (무령 흔들림)이 Feedback reset 및 재배치 유도 - MediaPipe (손 제스처)가 파티클의 밀도, 회전 제어



[그림-60.1] E scene 영상 효과 변화



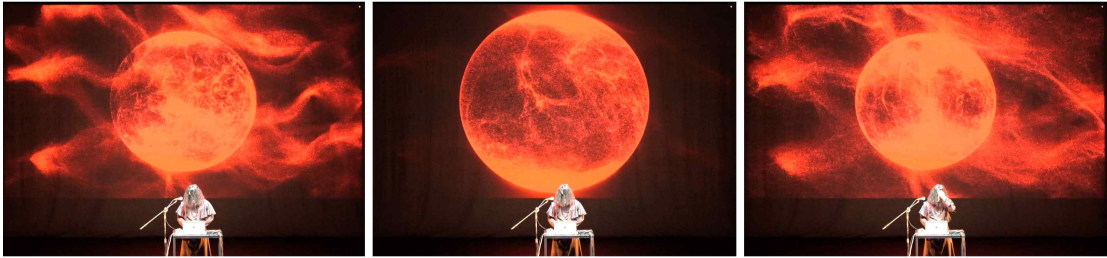
[그림-60.2] E scene 영상 효과 변화

6) F scene

04:42 - 05:22 접귀(憑鬼)의 순간 장면은 객귀가 살아있는 존재에 잠식 이 구간에서는 객귀가 사라지는 것이 아니라 다른 존재에 잠시 머무르는 접귀의 순간이 음향, 영상 모두에서 왜곡적 방식으로 표현된다. 청각적으로는 돼지 소리, 구토 소리, 물소리를 granular synthesis로 변조하여 비인간적 음색층을 형성하며, pitch shift로 신체적 고통·이탈감을 확장한다. 시각적으로는 오디오 기반 displacement 및 threshold 설정이 중심이 되어, 파티클의 외형이 붕괴되었다 재조합되는 등 일시적 무너짐이 발생한다. 이는 영적 에너지가 한 육체에서 다른 육체로 이동하는 상징적 장면을 구현한다.

<표-15> F scene에 적용된 사운드 프로세싱과 영상 효과

시간	서사적 내용	청각적 특징 (기술 기반)	시각적 특징 (기술 기반)
04:42 ~ 05:22	접귀(憑鬼)의 순간: 객귀가 살아있는 존재에 잠식	<ul style="list-style-type: none"> - 돼지, 구토, 물소리에 granular synthesis 확장 적용 - 불규칙한 진동 패턴과 함께 음향 공간 왜곡 	<ul style="list-style-type: none"> - 오디오 기반 인터랙션 - 돼지, 구토 사운드의 주파수 대역을 파티클의 압축 → 폭발 변조 및 threshold 충격값에 매핑하여 형태의 일시적 무너짐



[그림-61] F scene 영상 효과 변화

7) G scene

05:23 - 05:49 악귀의 귀환에서는 또 다른 인간을 숙주로 삼는 순환 마지막 장면은 시각적 피드백 구조를 의도적으로 중단하여 암전으로 전환되며, 청각적 요소만이 서사를 이끈다. 구두 소리와 문을 두드리는 소리는 pitch shift 효과와 원본 소스가 결합된 형태로 재현된다. 비주얼이 사라진 상태에서 청각만으로 악귀의 귀환이 암시되며, 전체 서사는 퇴마-진정-귀환이라는 순환 구조를 갖고 종결된다.

<표-16> G scene에 적용된 사운드 프로세싱과 영상 효과

시간	서사적 내용	청각적 특징 (기술 기반)	시각적 특징 (기술 기반)
05:23 ~ 05:49	악귀의 귀환: 또 다른 인간을 숙주로 삼는 순환	- 구두 소리와 문 두드림을 pitch shift + 외부 소프트웨어 조합으로 재현 - 최소 요소로 공포적 여운 형성	- 비주얼 출력 중단 및 암전 - 소리 기반의 상상적 씬으로 엔딩 - 악귀가 새로운 숙주를 찾아 세계 로 돌아오는 순환 구조 암시

8) 작품 구현의 효과

본 작품 <제 의식(祭儀式) : 객귀(客鬼)>는 비가시적 존재의 감각화라는 핵심 주제를 구현하기 위해, 서사의 진행 단계에 맞춰 청각적·시각적 기술의 밀도를 점진적으로 심화시키는 구조를 취한다. 작품의 기술적 흐름은 크게 전조와 형상화, 대립과 왜곡, 동기화와 절정, 소멸과 순환의 4단계로 구분되며, 각 단계는 디지털 신호 처리를 통해 제의적 경험을 구체화한다.

도입부인 A, B scene은 존재의 출현을 암시하는 단계로, 구체적인 형상을 배제하고 절차적 알고리즘을 통해 악의 기운을 시각화하는 데 주력하였다. TouchDesigner의 **Line SOP**와 노이즈 알고리즘은 비선형적인 선의 떨림을 통해 보이지 않는 영적 파동을 그려내며, 청각적으로는 Max/MSP의 저주파 패드와 공간계 이펙터를 통해 심리적 불안감을 조성한다. 이는 관객으로 하여금 대상을 보는 것이 아니라, 공간의 변화를 감지하게 만드는 전조로서 기능한다.

이어지는 C, D scene에서는 서양과 동양의 구마 의식이 교차하며 영적 대립이 본격화된다. 이 단계에서는 시각적 요소가 선에서 파티클로 전이되며, 오디오 스펙트럼의 특정 주파수 대역이 파티클의 움직임에 직접적으로 관여하는 오디오 리액티브 구조가 강화된다. 특히 청각적 측면에서는 comb-filter와 granular synthesis를 통해 종소리와 영불소리의 잔향을 비현실적으로 왜곡하고, pitch shift로 변조된 악마의 목소리를 배치하여 현실과 비현실의 경계가 무너지는 청각적 공포를 구현하였다.

작품의 절정에 해당하는 E, F scene은 통합 퇴마 의례와 점신(비가시적 존재의 잠식)이 일어나는 구간으로, 인터랙션 기술이 총체적으로 개입하여 테크노 샤머니즘의 정수를 보여준다. 퍼포머가 흔드는 무령의

물리적 진동은 MPU6050 자이로 센서를 통해 디지털 신호로 변환되어 시각적 파티클을 교란시키고, MediaPipe로 추적된 손짓은 파티클의 밀도와 회전을 실시간으로 제어한다. 이는 무당의 신체적 행위가 곧바로 디지털 세계의 영적 에너지를 운용하는 데이터로 치환됨을 의미하며, 기술이 매개하는 현대적 굿판의 몰입감을 극대화한다.

마지막 G scene은 모든 시각 정보를 차단하는 암전을 통해, 기술적 화려함을 소거하고 오직 청각적 여운만을 남기는 방식을 택하였다. 구두 소리와 문 두드리는 소리 등 최소한의 음향 소스만을 남겨둠으로써, 관객은 사라진 것이 아니라 보이지 않는 곳으로 돌아간 객귀의 순환을 상상하게 된다. 이러한 기술적 전개는 단순히 시각적 스펙터클을 제공하는 것을 넘어, 보이지 않는 공포를 감각의 영역으로 끌어들이 체험하게 하는 테크노에틱적 미학을 완성한다.

IV. 결론

본 연구는 현대 기술사회에서 드러나는 실존적 불안과 미지에 대한 욕망을 배경으로, 샤머니즘의 제의적 요소를 인터랙티브 미디어 퍼포먼스 <제 의식(祭儀式) : 객귀(客鬼)>로 재해석한 제작 과정을 기술하였다. 기존 상업 영화가 샤머니즘을 시각적 스펙터클로 소비하는 데서 발생하는 공포의 단순화를 비판하며, 애스콧의 테크노에틱 아트 이론을 기반으로 기술을 통해 비가시적 존재를 감각화하는 공포 미학의 가능성을 탐구하였다. 첫째, 시각적 모호성을 활용한 심리적 공포의 확장이다. 구체적인 귀신의 형상을 제시하는 대신, TouchDesigner의 **Line SOP** 알고리즘을 통해 마치 악마가 속삭이는 듯한 비언어적 텍스트를 생성하여 관객의 인지적 불안을 유도하였다. 또한 3D 모델의 종교적 도상(스님, 무당 공간)을 파티클 시스템으로 해체하고 재구성하는 과정을 통해, 고정된 믿음의 대상이 디지털 에너지로 환원되는 존재론적 불안정을 시각화하였다. 이는 보여주는 단순한 공포를 넘어, 관객 스스로 보이지 않는 존재를 구성하게 만드는 상상적 공포의 가능성을 입증하였다. 둘째, 기술적 신호 처리를 통한 비가시적 에너지의 질감 구현이다. Max/MSP의 granular synthesis를 통해 무령(방울) 소리와 작품의 분위기를 담당하는 패드 사운드를 미세 입자로 파편화하여 청각적 미묘한 신체를 구현하였으며, pitch shift와 comb-filter를 통해 공간의 음향적 위상과 곳에 쓰이는 다양한 악기를 왜곡시킴으로써 현실과 비현실의 경계가 무너지는 기이함을 청각적으로 완성하였다. 셋째, 신체와 데이터의 동기화를 통한 테크노 샤머니즘의 실천이다. 퍼포머의 신체적 떨림을 MPU6050 자이로 센서 데이터로 변환하여 시스템을 실시간으로 제어하는 인터랙션 구조는, 무당의 점진 과정이 현대의 데이터 프로세싱과 미학적으로 상응함을 보여주었다. 이는 미디어 아티스트가 기술

을 단순한 도구가 아닌, 가시적 세계와 비가시적 세계를 매개하는 메신저 샤먼으로서 기능할 수 있음을 예술적으로 증명한 것이다. 이러한 연구의 성과는 앞서 고찰한 백남준과 로이 애스콧이 주창한 테크노 샤머니즘의 현대적 실천으로서 중요한 의미를 지닌다. 두 이론가가 기술을 단순한 도구가 아닌 영적 교감의 매체이자 의식 확장의 도구로 규정했듯이, 본 작품 역시 디지털 기술을 통해 가시적 영역과 비가시적 영역을 연결하는 데 주력하였다. 이에 따라 관객은 작품이 구축한 디지털 제의 공간 안에서 단순한 시각적 관람을 넘어선 공감각적 체험을 하게 된다. 관객은 끊임없이 생성되고 소멸하는 데이터의 파동과 이질적인 사운드스케이프 속에서, 기술이 매개하는 영적 울림을 감각적으로 경험하며 현대적으로 재해석된 제의 현장을 공유할 수 있었다.

결론적으로 본 연구는 샤머니즘을 전근대적 미신이나 장르적 오락거리로 소비하는 시각에서 벗어나, 현대 기술이 인간의 근원적 공포와 상상력을 자극하는 영적 매체로 기능할 수 있음을 보여주었다는 데 그 의의가 있다. 본 연구가 제시한 방법론이 향후 디지털 샤머니즘과 테크노에틱 아트 분야의 창작과 연구에 유의미한 참고 자료가 되기를 기대한다.

Keyword (검색어): 컴퓨터음악(computer music), 소리시각화(sound visualization), 인터랙티브 멀티미디어 음악(interactive multimedia music), Max/MS P, TouchDesigner, Arduino, MediaPipe, 미디어 아트(media art), 텔레매틱 아트(telematic art), 샤머니즘(shamanism)

E-mail: busanggoma@naver.com

참 고 문 헌

1. 단행본, 학술지

Roy Ascott 「Telematic Embrace: Visionary Theories of Art, Technology and Consciousness」 (University of California Press, 2003)

Roy Ascott, 김영준 옮김, 「테크노에틱 아트」 (연세대학교 대학출판문화원, 2002)

Max Carocci 「Shamans: The Visual Culture of Animism, Healing and Journeys to Other Planes」 (Thames & Hudson, 2025)

Evan R. Firestone 「Animism and Shamanism in Twentieth-Century Art」 (Routledge, 2017)

김홍희, 「백남준 - 해프닝 비디오 아트」 (디자인하우스, 1999)

김홍희, 「굿모닝, 미스터 백!」 (디자인하우스, 2007)

박정진, 「굿으로 보는 백남준 비디오아트 읽기」 (한국학술정보, 2010)

정동암, 「미디어 아트, 디지털의 유혹」 (커뮤니케이션북스, 2007)

2. 참고논문

Tim Hodgkinson 「Shamanism and Improvisation」 (Academia.edu, 2004.)

Claudia Jacques 「Foreword: A Tribute to the Messenger Shaman: Roy Ascott」 (Cybernetics and Human Knowing, 2018), pp.5-15.

Lila Moore 「The Shaman of Cybernetic Futures: Art, Ritual and Transcendence in Fields of the Networked Mind」 (Cybernetics and Human Knowing, 2018), pp.119-141.

Edward Shanken 「Technoshamanism: Symbiotic Techniques of Art and Healing」 (ISEA International, 2023)

김지아, 「장재현 감독의 오컬트 영화 내 희생제의 서사의 변용과 한국형 오컬트의 무속적 재구성 - 영화 <파묘>를 중심으로」 (한국문학연구학회, 2025), 187-231쪽

박제철, 「디지털 인터미디어 시대의 한국적 무속 경험: 박찬경의 <만신>」 (Concentric: Literary and Cultural Studies, 2017)

송태현, 「백남준 예술세계와 전통사상」 (인문콘텐츠학회, 2010), 491-507쪽

여금미, 「디지털 아포리아: 크리스 마르케르의 멀티미디어 영상작업에

서 기억의 공간화」(한국영화학회, 2015), 144-170쪽

이민형, 「대중문화에 반영된 종교에 대한 대중의 기대와 기독교의 과제: 오컬트 장르물을 중심으로」(한국실천신학회, 2023), 811-833쪽

이지연, 「로이 애스콧(Roy Ascott)의 디지털 아트를 통해 살펴본 ‘테크노에틱(Technoetic)’ 개념」(이화여자대학교 이화인문과학원, 2014), 205-232쪽

최정화, 「루돌프 오토의 『성스러움』이 탄생되기 전후의 맥락 - 누미노제 개념의 기원을 찾아서」(서울대학교 종교문제연구소, 2012), 37-58쪽

태혜신, 「로이 애스콧의 테크노에틱 아트(Technoetic Arts)와 세계예술양상」(한국무용과학회, 2017), 83-93쪽

ABSTRACT

A Study on the Real-time Sensory Transfer Structure
of Ritualistic Performance

-The Multimedia Music Work <Je-Uisik : Gaekgwi>-

Seo, Geon Ho

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

This study describes the production process of the interactive media performance <Je-Uisik : Gaekgwi>, which reinterprets shamanistic rituals through modern media art technologies against the backdrop of existential anxiety in technological society. Grounded in Roy Ascott's Technoetic Arts theory, this research explores the aesthetics of horror by sensing invisible entities using technology, moving beyond the mere visual consumption of shamanism often found in commercial media.

First, the study establishes a visual strategy of invisibility and abstraction. Instead of depicting concrete shapes of spirits, TouchDesigner is utilized to visualize the flow of formless energy and non-verbal texts. Furthermore, 3D models of religious icons are deconstructed into digital particles, visualizing ontological instability where fixed objects of belief dissolve into digital energy. This approach induces an imaginative fear in the audience by suggesting the presence of invisible entities rather than displaying them explicitly.

Second, the auditory experience creates the texture of invisible energy through digital signal processing. Max/MSP is used to fragment ritual sounds, such as shamanic bells, into micro-particles. Additionally, real-time audio processing techniques are applied to distort acoustic spaces and modify human voices into grotesque, non-human sounds, thereby blurring the boundaries between reality and the surreal to complete an auditory sense of horror.

Third, the performance practices Techno-Shamanism through the synchronization of the body and data. By converting the performer's physical tremors into data via Arduino and MPU6050 sensors, and tracking hand gestures with MediaPipe to control the audiovisual system in real-time, the work demonstrates the aesthetic correspondence between a shaman's trance and modern data processing. This artistic attempt proves that the media artist can function as a "messenger shaman," mediating between the visible and invisible worlds.

These achievements inherit and expand upon the concepts of

Techno-Shamanism envisioned by Nam June Paik and Roy Ascott. Within the digital ritual space constructed by the artwork, the audience experiences synesthetic spirituality and extended consciousness. Ultimately, this study confirms that technological media, when organically combined with bio-data, can elicit genuine emotional immersion and bridge the gap between the virtual and the real, validating the potential of digital technology as a modern spiritual medium.



부록 : 첨부 DVD

1. <제 의식(祭儀式) : 객귀(客鬼)> 공연 영상

2025년 11월 8일 멀티미디어음악 작품 <제 의식(祭儀式) : 객귀(客鬼)>의 공연 영상

2. <제 의식(祭儀式) : 객귀(客鬼)> 작품 패치

TouchDesigner 패치, Max/MSP 패치, Arduino 코드

