



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

전기 기타의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한  
인터랙티브 멀티미디어 작품 제작 연구  
(멀티미디어음악 작품 <기억>을 중심으로)

지도교수 김 준

동국대학교 영상대학원  
멀티미디어학과 컴퓨터음악전공

안 효 진

2021

석사학위논문

전기 기타의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한  
인터랙티브 멀티미디어 작품 제작 연구  
(멀티미디어음악 작품 <기억>을 중심으로)

안효진

지도교수 김준

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2020년 12월

안효진의 음악석사(컴퓨터음악)학위 논문을 인준함

2021년 1월

위원장 박상훈

위원 김정호

위원 김준

동국대학교 영상대학원



# 목 차

I. 서 론 .....	1
1. 연구 배경 및 목적 .....	1
2. 선행 연구 .....	3
II. 본 론 .....	6
1. 사운드 시스템 연구 .....	6
1) 사운드 시스템 .....	6
2) 음향 효과 연구 과정 .....	9
① phase vocoder 음향효과 .....	9
② delay 음향효과 .....	12
③ flanger 음향효과 .....	13
④ ring modulation 음향효과 .....	14
⑤ granular synthesis 음향효과 .....	16
⑥ 가산 합성 방식 .....	18
⑦ noise를 이용한 합성 방식 .....	20
⑧ reverberation .....	24
2. 영상 시스템 설계 .....	25
1) 영상 시스템 및 구성 .....	25
2) 영상 제작 .....	26
3) Arena를 이용한 영상 효과 .....	28
4) OSC 통신을 이용한 실시간 영상제어 .....	30
5) Syphon을 이용한 서버 전송 .....	34
3. 멀티미디어 작품 <기억> .....	36
1) 작품 소개 .....	36



2) 작품 구성 .....	37
① 음악 .....	37
② 영상 .....	38
3) 작품에서의 연구 기술 적용 .....	40
① A 파트 .....	40
② B 파트 .....	42
③ C 파트 .....	43
④ D 파트 .....	45
⑤ A' 파트 .....	46
III. 결 론 .....	47
참 고 문 헌 .....	49
ABSTRACT .....	52
부록: 첨부 DVD 설명 .....	54

## 그림 목 차

[그림-1] pedal, rack system, guitar amp .....	2
[그림-2] acoustic guitar, electric guitar, bass guitar .....	3
[그림-3] 사운드 시스템 구성도 .....	7
[그림-4] phase vocoder 패치 .....	10
[그림-5] pfft~xover~ 패치 .....	11
[그림-6] delay 음향효과를 구현한 Max 패치 .....	12
[그림-7] flanger 음향효과를 구현한 Max 패치 .....	13
[그림-8] ring modulation을 구현한 Max 패치 .....	14
[그림-9] munger~오브젝트의 파라미터 .....	16
[그림-10] Max에서 구현한 가산 합성 방식 .....	19
[그림-11] 노이즈를 활용한 작품 <Trans Human> .....	21
[그림-12] Max 상의 rand~오브젝트 .....	22
[그림-13] low pass filter 패치 .....	23
[그림-14] reverb 음향효과를 구현한 패치 .....	24
[그림-15] 영상 시스템 구성도 .....	25
[그림-16] 공연 영상 .....	26
[그림-17] Processing 코드 .....	27
[그림-18] Arena를 이용한 영상효과 .....	29
[그림-19] OSC 통신을 이용한 영상제어 패치 .....	30
[그림-20] 데이터 전송을 위한 Max/MSP 패치 .....	31
[그림-21] OSC 통신 .....	32
[그림-22] Processing에서의 서버 전송 .....	33
[그림-23] Syphon 라이브러리 설치 화면 .....	34
[그림-24] Processing에서의 Syphon 호출 코드 .....	35

[그림-25] Syphon을 통해 호출된 영상 소스의 Arena 화면 표시 .....	35
[그림-26] 작품 <기억>의 공연 장면 .....	36
[그림-27] A 파트의 영상변화 .....	41
[그림-28] B 파트의 영상변화 .....	43
[그림-29] C 파트의 영상효과 .....	43
[그림-30] D 파트의 영상효과 .....	46

## 표 목 차

<표-1> munger~오브젝트의 파라미터 .....	17
<표-2> 파형의 종류 .....	19
<표-3> Arena 영상효과 .....	29
<표-4> 작품의 의미와 사용된 프로세싱 .....	37
<표-5> 영상 구성과 의미 .....	39
<표-6> A 파트 .....	40
<표-7> B 파트 구성 .....	42
<표-8> C 파트 구성 .....	44
<표-9> D 파트 구성 .....	45
<표-10> A' 파트 구성 .....	46

# I. 서 론

## 1. 연구 배경 및 목적

20세기 중후반 대중음악 시장이 확대되면서 악기에 대한 다양한 수요가 발생하여 악기 산업 또한 함께 확장되었다. 이 후, 많은 악기와 음향 기기들이 만들어지기 시작했으며, 그 중 전기 기타(electric guitar)의 발명은 대중음악 뮤지션들에게 많은 영감을 주었다. 뮤지션들의 새로운 소리에 대한 탐구심은 다수의 작품들을 탄생시켰고 부수적인 악기들의 발명으로 이어지며 전기 기타의 활용이 다양하게 이루어졌다. [그림-1]과 같은 발로 밟는 페달형태의 이펙터(effect<sup>1)</sup>부터 랙 시스템(rack system)<sup>2)</sup>, 다양한 앰프(amp)<sup>3)</sup> 등을 예로 들 수 있다. 이러한 악기 산업의 발전은 디지털 혁명(digital revolution)<sup>4)</sup>으로 가속화되었고, 음악 산업 전반에 걸친 컴퓨터 시스템의 도입으로 디지털 기술 이식이 빠르게 이루어졌다. 그리고 발전된 디지털 기술을 기반으로 아티스트들의 창작 방법과 표현의 영역은 생동감 있고 극대화된 예술적 효과를 부여하여 매체 간의 고유한 영역을 넘어서는 새로운 패러다임을 제시하고 있다.

- 
- 1) 스톱박스(stompbox)라고도 불리며 입력된 소리에 여러 효과를 주기 위한 음향기기이다. 코러스(chorus), 이퀄라이저(equalizer), 딜레이(delay) 등 다양한 기기들이 있다.
  - 2) 다양한 음향효과 기기들을 여러 층의 선반에 겹겹이 쌓아 올린 음향 시스템을 말한다.
  - 3) 입력된 신호의 증폭을 위한 출력 장치를 말한다.
  - 4) 컴퓨터의 발명과 함께 모든 정보가 아날로그 형식에서 디지털 형식으로 변환되면서 사회 전반에 걸친 급격한 변화를 일컫는다.



[그림-1] pedal , rack system, guitar amp

본 연구는 예술 표현의 다원화와 융·복합이 활발한 현대 미디어 환경에 적합한 연주 형태에 대한 고민에서 시작하게 되었다. 연주와 동시에 실시간으로 사운드 프로세싱을 할 수 있는 방법을 모색, 구축하고 전기 기타에 적합한 음향효과 개발에 대해 연구를 진행하였다. 특히 전기 기타로 표현할 수 없는 음역대의 사운드를 Max/MSP(이하 Max)<sup>5)</sup> 프로그램으로 새로운 사운드를 제작하여 연구하는 것을 첫 번째 목적으로 두었다. 두 번째 목적으로는 전기 기타의 음량변화와 파형의 주기에 반응하는 소리 시각화(sound visualization)<sup>6)</sup>를 구현하고 영상을 제어하는 방식에 대해 연구하였다.

본 논문에서 다루어진 작품 <기억>은 음악과 영상의 인터랙션(interaction)<sup>7)</sup>이 이루어지는 멀티미디어 작품이다. 작품을 통해 기술 발전으로 얻을 수 있는 표현영역의 확대에 대한 예시를 보여주고 예술의 나아갈 방향을 제시한다.

5) Cycling74에서 개발한 소프트웨어이다. 데이터 연산처리 및 프로그래밍이 가능한 Max와 음향 시그널 데이터를 처리하는 MSP, 그래픽을 다루는 Jitter로 나누어져 있다.

6) 청각적 요소들을 시각적 요소들로 표현하는 것을 뜻한다.

7) inter(상호)와 action(동작)의 합성어이다.

## 2. 선행 연구

선행 연구에서는 기타의 실시간 프로세싱을 통해 확장된 사운드 표현을 시도했으며, 양손으로 한 음을 내는 악기의 특성상 제한된 음역 폭과 표현의 한계를 넘어서기 위한 음향효과를 제작, 실연하였다.

기타는 현악기군의 하나로 왼 손가락으로 줄을 누르고, 오른 손가락으로 줄을 튕겨 연주한다. [그림-2]와 같이 여러 종류의 기타가 있으며 제각기 형태와 쓰임이 다르다. 따라서 각 형태에 맞는 사운드 프로세싱이 필요하며, 선행 연구에서는 어쿠스틱 기타(acoustic guitar)를 대상으로 하여 사운드 프로세싱을 연구하였다.



[그림-2] acoustic guitar, electric guitar, bass guitar

선행 연구로 2019년 11월 어쿠스틱 기타를 활용한 사운드 프로세싱 작품 <Desert><sup>8)</sup>를 제작하였으며, 작품에 적용된 사운드 프로세싱에는 phase vocoder<sup>9)</sup>, granular synthesis<sup>10)</sup>, ring modulation<sup>11)</sup>, reverb<sup>12)</sup>가 실시간으로 사용되었다.

선행 연구를 통해 알아본 기타 연주의 특성은 어택 타임(attack time)<sup>13)</sup>이 빠르고 서스테인(sustain)<sup>14)</sup>이 짧으며, 제한된 음역 폭과 양손의 합을 통해 연주하는 특징이 있다. 그리고 전기 기타의 엔벨로프(envelope)<sup>15)</sup> 특징 중 하나인 짧은 어택 타임을 phase vocoder 음향효과로 역재생하여 백파이프(bag pipe)<sup>16)</sup>와 같은 효과를 유도하였다. 또한 granular synthesis를 통해 트레몰로(tremolo)<sup>17)</sup> 효과를 시도하였다. 이러한 두 가지 프로세싱을 이용하여 기타에 대한 새로운 연주법의 개발을 진행하였으나, 불분명한 트레몰로와 백파이프 효과의 결합은 사운드 확장에 대한 목표에 근접하지 못하였다. 그러나 트레몰로 효과를 의도하고 사용한 granular synthesis에서 목관악기의 특징과 유사한 고음역의 선명한 소리를 얻을 수 있었고, 여러 개의 granular synthesis를 사용해 패드(Pad)<sup>18)</sup> 효과를 구현하였다.

본 작품 <기억>에서는 선행 연구를 통해 얻은 연구결과를 바탕으로

---

8) <https://youtu.be/On1XCHZ77ik>

9) FFT 분석을 통해 그 데이터를 재합성하여 음의 높낮이와 길이를 변형시키는 소리 합성 방식을 말한다.

10) 음원을 작은 단위로 나누어 재조합 및 변형하여 다른 형태의 사운드를 제작하는 소리 합성 방식을 말한다.

11) 두 오실레이터의 배음 성분의 주파수들이 서로 간섭하여 새 배음열을 만드는 사운드 변조 방식이다.

12) 여러 가지 지연 시간을 가진 다수의 반사음이 합성되어 얻어지는 효과를 말한다.

13) 소리가 시작된 시점부터 최고점에 이를 때까지의 시간을 말한다.

14) 소리의 지속되는 정도를 뜻한다.

15) 시간이 지남에 따라 소리가 어떻게 변하는 지를 뜻한다.

16) 관악기의 한 종류로, 영국민요에 많이 쓰이며 스코틀랜드에서는 군악용 악기로 유명하다.

17) 같은 음을 반복적으로 여러 번 치면서 연주하는 주법이다.

18) background 부분을 화성으로 채우는 것을 말한다.



전기 기타의 사운드와 노이즈(noise)합성으로 만든 앰비언트(ambient)<sup>19)</sup> 사운드, 그리고 가산 합성(additive synthesis)<sup>20)</sup> 방식의 조합을 추가해 작품을 구성하였다. 또한 음악과 인터랙션하는 영상을 제작하여 공연 형태의 멀티미디어 작품을 완성하였다.



---

19) 환경음, 배경음 따위를 말한다.

20) 여러 개의 사인(sine)파를 합쳐서 소리를 만드는 합성 기술이다.



## II. 본 론

### 1.사운드 시스템 연구

#### 1) 사운드 시스템

전기 기타의 음색 변화를 위해 사용되는 효과는 chorus<sup>21)</sup>, overdrive<sup>22)</sup>, fuzz<sup>23)</sup> 등 다양하지만, 기존에 사용되고 있지 않은 음향 효과들과 전기 기타의 특성에 어울리는 사운드를 연구하였다. 작품에 사용된 전기 기타의 실시간 프로세싱은 phase vocoder, granular synthesis, ring modulation, stereo delay<sup>24)</sup>, reverb가 사용되었다. 언급된 음향 효과들은 모두 Max를 통하여 제작하였다. 각 음향 효과는 미디(MIDI)<sup>25)</sup> 컨트롤러와 Touch OSC<sup>26)</sup>에 매핑(mapping)<sup>27)</sup>하여 연주자와 함께 무대에 올라 실시간 변화를 주었으며 영상 소스의 변화를 위해 Max와 Arena를 연동하였다. [그림-3]은 전기 기타의 실시간 프로세싱을 위해 제작한 사운드 시스템을 도식화한 것이다.

---

21) 단일 음원의 음으로서, 복수 음원의 음이 동시에 울리는 것처럼 들려주는 효과를 뜻한다.

22) 오디오 신호의 볼륨이 정상 영역을 넘어 과도할 때 생기는 클리핑 효과를 만드는 장치나 기능을 말한다.

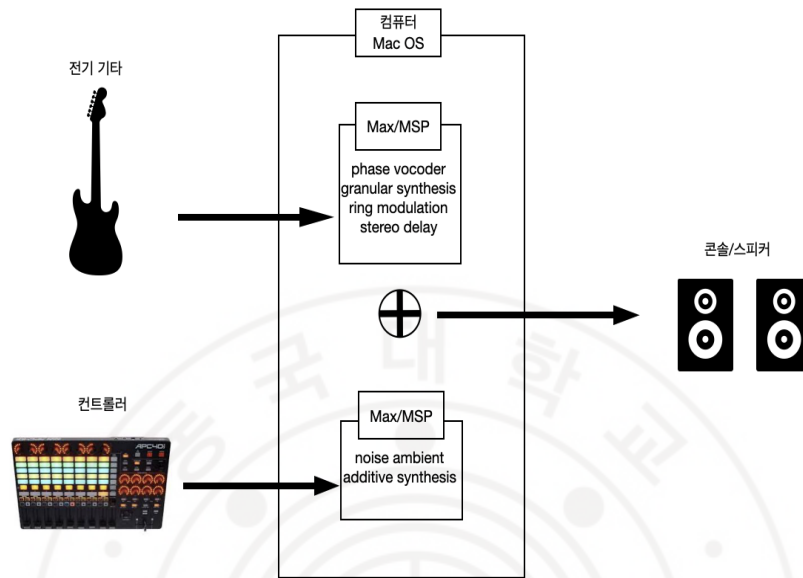
23) 주로 기타에서 사용하는 이펙터로, 1960년대의 사이키델릭 시대부터 많이 사용 되었다.

24) 입력된 신호를 지정한 시간에 출력하는 효과를 말한다.

25) Musical Instrument Digital Interface의 약자로 서로 다른 전자악기간의 데이터를 전송하고 공유하기 위해 제정한 업계 표준이다.

26) OSC 통신을 지원하는 어플리케이션(application)을 말한다. <https://hexler.net/products/touchosc>

27) 데이터를 원하는 목적지에 배치하는 행위이다.



[그림-3] 사운드 시스템 구성도

전기 기타는 별도의 출력 장치 없이도 관객에게 온전히 소리를 전달할 수 없는 악기적인 특성을 가지고 있다. 무대에서 전기 기타를 연주하기 위한 방법으로는 다이렉트 라인(direct line)<sup>28)</sup> 연결 방법과 앰프를 통한 출력 방법이 있다. 앰프를 이용한 출력 방식은 무대의 규모에 따라 선택할 수 있다. 큰 규모의 무대에서는 앰프에서 나오는 소리를 마이크로폰(microphone)<sup>29)</sup>으로 수음하여 스피커로 출력을 하는 구조를 가진다. 하지만 이와 같은 방식은 앰프 노이즈와 주변에서 발생하는 소리 또한 포함하여 마이크로폰으로 수음되는 문제점이 있다. 반면, 작은 규모의 공연장에서는 앰프만 사용하여 출력하기도 한다.

본 작품에서의 악기 출력 방식은 다이렉트 라인 연결 방식을 사용

28) 앰프의 연결 없이 오디오 인터페이스에 바로 연결하는 방식을 말한다.

29) 소리, 음성과 같은 음파를 받아들여 전기적인 신호로 바꾸어 주는 장치이다.

하였다. 간편한 연결 방식과 편차 없는 사운드를 들려주는 방식인데 비해 앞서 언급된 마이크 수음 방식 보다 음향적 퀄리티(quality)가 낫다는 단점이 있다. 이를 독일의 바이러스(Virus)<sup>30)</sup>사에서 출시한 Kemper Profiler Amp<sup>31)</sup>를 활용하여 보완하였다.

전기 기타의 소리를 Kemper Profiler Amp를 사용하여 출력하고 오디오 인터페이스(audio interface)<sup>32)</sup>를 거쳐 컴퓨터에 입력된다. 컴퓨터에 입력된 악기 소리들은 Max로 전송되며, 곡의 구성에 따라 제작된 음향효과들이 적용된다. 그리고 악기의 오리지널 사운드와 프로세싱 된 사운드가 합쳐져서 믹싱 콘솔(mixing console)<sup>33)</sup>을 통해 스피커로 출력된다.

---

30) 독일의 음향기기 회사이다.

31) IR 방식이 가능한 디지털 앰프 시뮬레이션이다.

32) 아날로그 신호를 디지털로 변환하여 출력 해주는 장치이다.

33) 각종 시스템에서 주요 본체가 되는 기기를 일컫는 말이며 음향기기에서는 여러 음원들을 섞는 믹서가 이에 해당한다.

## 2) 음향효과 연구 과정

### ① phase vocoder 음향효과

바이올린, 비올라, 첼로 등 오케스트라에서 쓰이는 현악기군은 전기 기타와 같이 현을 사용한다는 공통점이 있지만 전기 기타와는 달리 부드럽게 지속되며 음을 끊이지 않게 연주 할 수 있는 특성을 가지고 있다. 반면 전기 기타는 왼손의 운지<sup>34)</sup>를 통해 비브라토(vibrato)<sup>35)</sup> 등 다양한 음색 표현이 가능하지만, 어택 타임이 짧아 바이올린 등의 현악기에서 얻을 수 있는 느린 어택 타임이 갖는 부드러운 음색을 표현하기에는 불리하다.

전기 기타의 사운드 프로세싱을 통해 현악기군의 사운드를 모방하고자 phase vocoder를 사용하였다. phase vocoder는 FFT<sup>36)</sup>분석을 통한 음원 재조합 방식의 음향효과로서 피치(pitch) 변화 없이 음원의 재생속도 조절이 가능하며 이를 위해 pfft~오브젝트(object)<sup>37)</sup>를 사용하였다. [그림-4]는 pfft~<sup>38)</sup>의 패치이다.

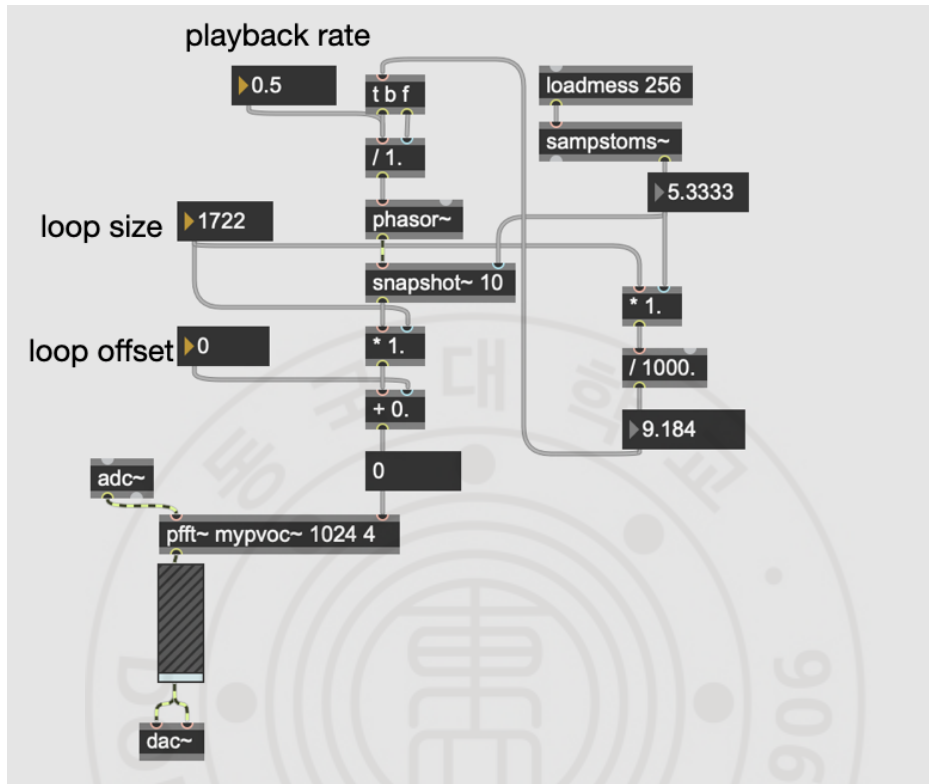
34) 악기를 연주할 때 손가락을 쓰는 것을 말한다.

35) 연주 시 음을 떨어 울리는 기교이다.

36) 고속 푸리에 변환이라 하며 Fast Fourier Transform의 줄임말이다.

37) 특정한 기능을 하는 함수의 역할을 하는 노드이다.

38) FFT분석을 통해 스펙트럼 오디오 프로세싱을 단순화하도록 설계된 오브젝트이다.



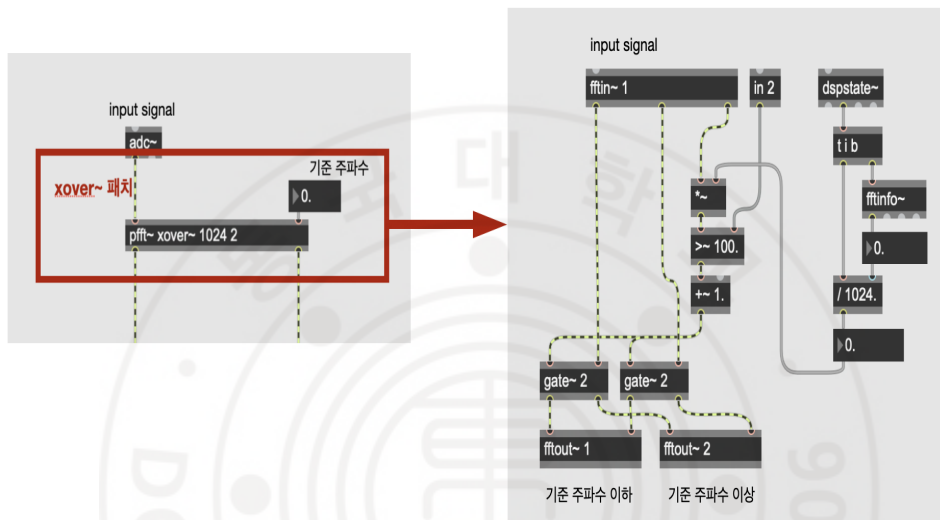
[그림-4] phase vocoder 패치

입력된 사운드는 FFT분석을 거친 후 저장되며, 저장된 데이터는 프레임 (frame)단위로 읽어 사운드를 재생한다. 조절 가능한 파라미터(parameter)<sup>39)</sup>는 재생 속도(playback rate), 반복 구간(loop size), 반복 시작 지점(loop offset)이 있다.

음향효과 제작 과정에서 phase vocoder 효과가 적용된 소리 중 역재생되면서 음향적으로 의도하지 않은 소리들이 중첩되는 현상이 발생했다. 이를 해결하기 위해 특정 주파수를 기준으로 저음역과 고음역을 분리시켜 활용할 수 있는 방안을 고려하게 되었다. 입력된 악기 신호의 고음역대와

39) 매개 변수. 회로 등을 동작 시킬 때, 조작 가능한 요소를 말한다.

저음역대의 분리를 위한 방법으로 FFT 분석을 사용하였고, pfft~ xover~를 사용하여 기준점이 되는 주파수를 정하고 그 이상의 주파수만 사용하였다. 다음 [그림-5]는 FFT 분석을 통한 패치이다.

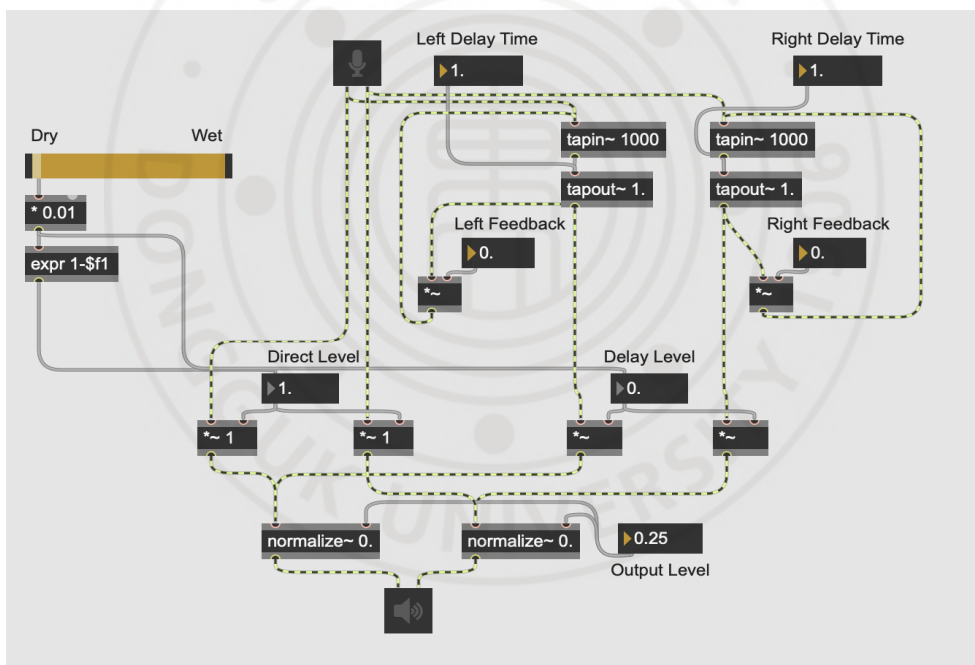


[그림-5] pfft~ xover~ 패치

FFT분석을 통해 분리된 사운드에는 각기 다른 음향효과를 프로세싱하였다. 예를 들어 분리된 저음역대의 사운드에는 ring modulation을 적용하였고, 고음역대만 분리된 사운드에는 phase vocoder 음향효과를 더하였다. FFT분석을 통한 분리된 사운드는 서로 간의 간섭을 덜 받아 보다 더 명확한 음향효과를 얻을 수 있고 이후에 더해지는 음향효과들의 기능들을 명확하게 할 수 있다.

## ② delay 음향효과

delay 음향효과는 입력된 음향 신호의 지연을 통해 얻을 수 있는 효과이며, Max에서는 `tapin~` 오브젝트와 `tapout~` 오브젝트를 활용해 만들 수 있다. `tapin~`는 입력된 신호의 지연을 위한 저장 공간이며 `tapout~`는 지연시간을 조절한다. 두 오브젝트의 시간 단위는 밀리세컨드(millisecond)<sup>40)</sup>이다. 본 작품에서는 stereo delay 효과를 사용하여 기타 사운드의 좁은 스테레오 이미지(stereo image)<sup>41)</sup>를 확대하였다. 다음 [그림-6]는 Max에서 구현한 패치이다.



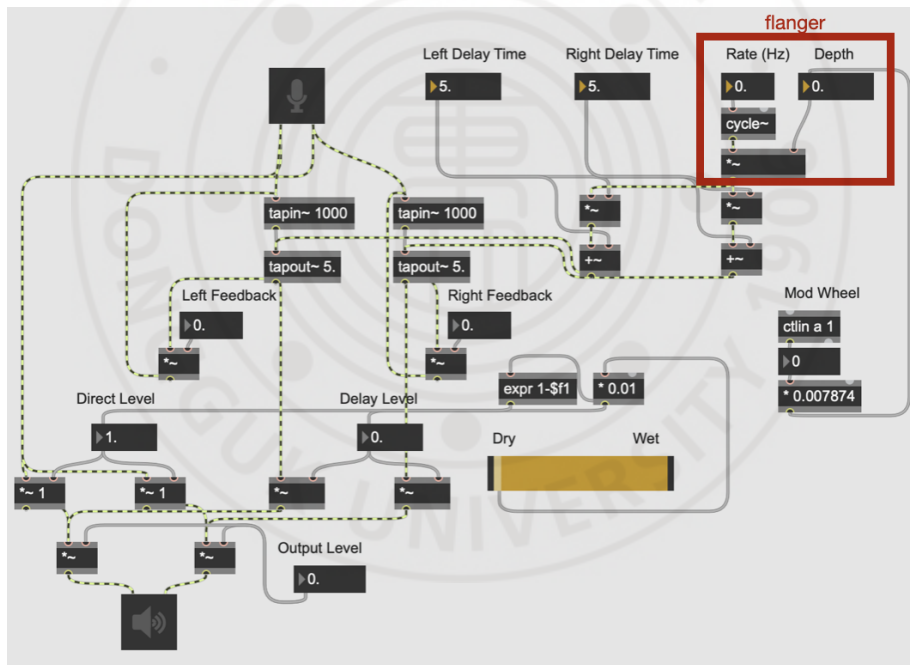
[그림-6] delay 음향효과를 구현한 Max 패치

40) 1000분의 1초를 가리킨다.

41) 스테레오 스피커를 통해 재생되는 음원의 입체감을 말한다.

### ③ flanger 음향효과

입력된 사운드와 시간 차이를 두고 출력시킨 소리를 혼합하여 만든 지연효과를 말하며 소리의 위상 차이에 의해 음색이 변하는 현상을 응용하여 사용하는 효과이다. 지연시간을 실시간으로 변화하여 flanger 효과를 구현할 수 있다. flanger는 stereo delay를 발전하여 만든 음향효과이다. 다음 [그림-7]은 flanger 음향효과를 구현하기 위한 패치이며 stereo delay를 발전시켜 만든 것임을 알 수 있다.

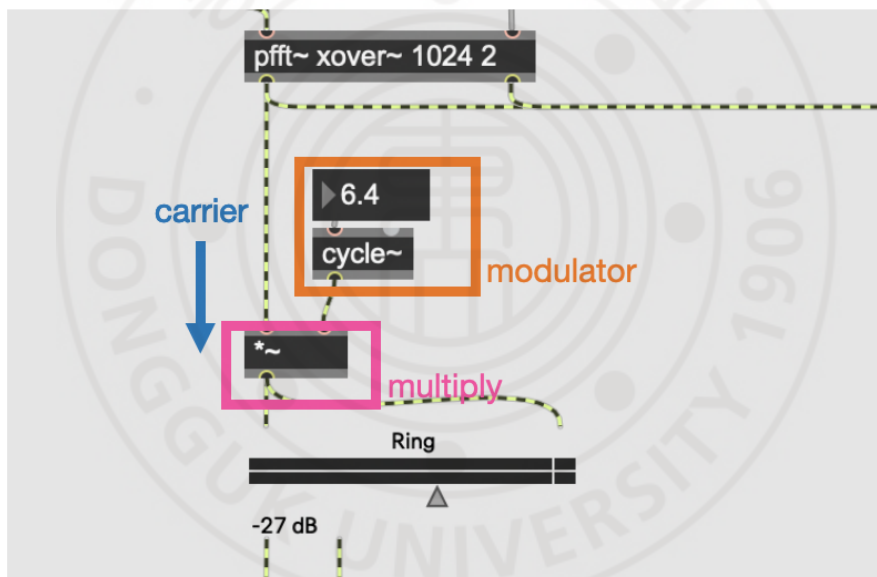


[그림-7] flanger 음향효과를 구현한 Max 패치



#### ④ ring modulation 음향효과

ring modulation은 2개의 오실레이터(oscillator)<sup>42)</sup>의 출력을 곱하여 변형 시키는 것이다. 합성음의 주된 사용처인 전자 음악에서 빼놓을 수 없는 효과이며, 급속적인 울림을 구현하기 위해 사용된다. modulator<sup>43)</sup>의 주파수가 20Hz<sup>44)</sup> ~ 20kHz 범위 안에 실질적인 변주가 일어나며, 본 작품에서는 20Hz 이하 대역의 변조를 통해 트레몰로 효과를 구현하였다. [그림-8]은 Max에서 ring modulation을 구현한 패치이다.



[그림-8] ring modulation을 구현한 Max 패치

42) 악기의 신호가 발생하는 부분을 가리킨다.

43) 음을 내는 오퍼레이터를 변조하기 위한 오퍼레이터를 가리킨다.

44) 전자파의 진파에 관한 연구로 유명한 Hertz(1857~1894)의 이름을 딴 것으로 사이클이라고도 한다. 1Hz는 진동 현상이 있을 때 1초에 한 번 왕복 운동이 반복됨을 의미한다.

기타의 가장 저음현인 6번 줄은 보통 E음으로 조율한다. 하지만 본 작품에서는 D음으로 조율하여 연주하였고, FFT 분석을 통해 300Hz 대역 아래 음역만 가려내어 6번 줄 D음에만 반응하도록 설정하였다.

작품에서의 ring modulation 음향효과를 통해 얻은 사운드로 60년대 말 싸이키델릭 록(psychedelic rock)<sup>45)</sup> 음악에 많이 사용되어진 uni vibe<sup>46)</sup>와 같은 효과를 재현할 수 있었고, 특유의 울렁거리는 느낌의 사운드로 미니멀(minimal)한 악기 구성에서도 풍성한 사운드를 연출할 수 있었다.



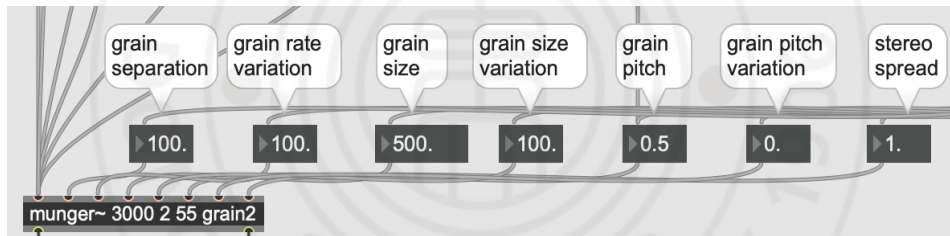
---

45) 1960년대 영미권에 유행하던 음악 장르이다.

46) 전기기타의 음향기기 한 종류이다. 지미 헨드릭스(Jimi Hendrix)가 사용하여 유명해졌다.

### ⑤ granular synthesis 음향효과

granular synthesis는 곡물을 뜻하는 그레인(grain)에서 이름이 유래되었으며, 잘게 쪼개진 소리들을 모아 하나의 다른 소리를 만드는 합성 방식이다. 입력된 소리 또는 샘플을 매우 작은 단위로 분해하며, 분해된 미세한 사운드들의 배열은 가공 및 재조합되어 밀도 높은 새로운 소리를 만들어 낸다. Max에서는 munger~<sup>47)</sup> 오브젝트를 통해 구현 가능하며 여러 서드 파티(third party)<sup>48)</sup> 플러그인(plug-in)<sup>49)</sup>에서 granular synthesis 방식을 접할 수 있다. munger~는 [그림-9]와 같이 7개의 파라미터를 가지고 있다.



[그림-9] munger~오브젝트의 파라미터

47) Columbia University에서 만든 Max 외부 오브젝트로 프로그램에서 제공하는 Package Manager에서 다운로드 가능하다.

48) 해당 분야에 호환 되는 상품을 출시하거나 타 기업의 주 기술을 이용한 파생상품 등을 생산하는 회사들을 가리키는 용어이다.

49) 추가 기능을 위한 컴퓨터 프로그램을 가리킨다.

작품에서 주로 사용된 파라미터는 grain separation, grain size, grain pitch이며 각각의 값을 조절하여 실시간으로 변형했다. granular synthesis로 입력된 사운드는 munger~의 grain pitch 값의 조절을 통해 입력된 기타 신호와는 다른 값의 음정들을 얻는다. 그로 인해 본 작품의 공연에는 1대의 기타 연주가 되지만 실시간으로 듀오 또는 트리오의 사운드 효과를 얻을 수 있다. munger~의 각 파라미터들을 다음 [표-1]를 통해 정리하였다.<sup>50)</sup>

<표-1> munger~의 파라미터

파라미터 이름	파라미터 기능
grain separation	샘플 조각의 간격
grain rate variation	샘플 조각 간격의 변화 값
grain size	샘플 조각의 크기
grain size variation	샘플 조각 크기의 변화 값
grain pitch	입자의 크기
grain pitch variation	샘플 음정의 변화 값
stereo spread	스테레오 이미지의 정도

50) 최아영, 피아노 연주의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한 멀티미디어 작품 제작 연구 멀티미디어음악 「작품 <Matter Flow>를 중심으로」, 동국대학교 영상대학원: 멀티미디어학과, 석사학위논문, 2019, p. 11

## ⑥ 가산 합성 방식

전기 기타는 피아노와 같이 화음과 선율을 연주할 수 있지만 비교적 좁은 음역대역을 가지고 있다. 이를 보완하기 위해 Max를 사용하여 가산 합성 방식의 베이스 신스(bass synth)를 제작하였고, 작품의 중간 파트의 멜로디 연주 또한 가산 합성 방식을 이용하여 만들었다.

가산 합성법은 감산 합성법(subtractive synthesis)<sup>51)</sup>과 함께 널리 쓰이는 소리 합성법이다. 기본음에 배음들을 더해 하나의 소리로 만드는 합성 방법으로 이론상으로 모든 악음<sup>52)</sup>의 합성이 가능하다. 대표적인 가산 합성 방식 악기로는 moog synthesizer<sup>53)</sup>가 있으며 해먼드 오르간(hammond organ)<sup>54)</sup>의 원리 또한 가산 합성 방식을 사용하고 있다.

다음 [그림-10]은 가산 합성 방식을 Max에서 구현한 패치이다. Max는 기존의 상용화된 악기와 다르게 사용자의 필요에 의해 여러 개의 오실레이터를 만들고 값을 설정할 수 있어 적합한 사운드를 실험해 볼 수 있다. 본 작품에서는 총 5개의 오실레이터로 구성된 가산 합성 방식을 사용했으며, 각기 다른 오실레이터 파형과 엔벨로프를 갖도록 설계했다.

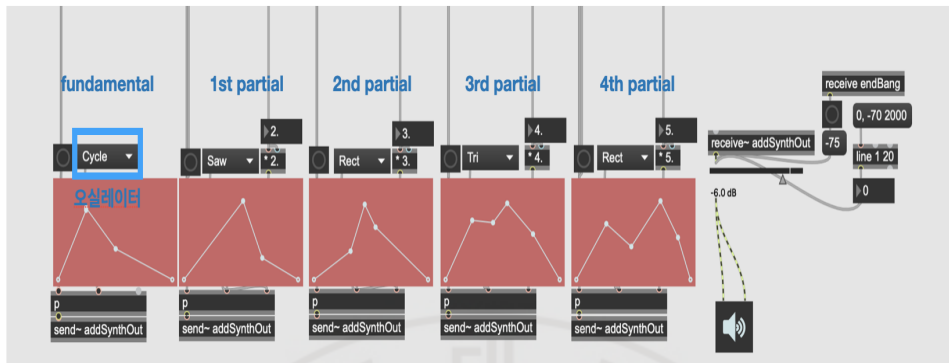
---

51) 합성음을 만드는 방법 중의 하나이다. 배음이 많이 포함된 파형을 음원으로 하며, 필터를 통과하여 각 차수의 배음을 줄여 파형을 변화시켜 새로운 음색을 얻는 방식이다.

52) 진동이 규칙적이고, 일정한 높이가 있는 음을 말한다.

53) Robert Moog에 의해 설계되거나 Moog Music에 의해 제조된 analog synthesizer를 의미하며, 러시아 음향물리학자인 Leon Theremin가 발명한 테레민을 발전시킨 것이다.

54) 1929년 미국의 Laurens Hammond가 발명한 전기오르간의 일종이다. 1960년대부터 재즈, 블루스, 록 음악 등에 사용되기 시작하였다.



[그림-10] Max에서 구현한 가산 합성 방식

Max에서 소리를 합성할 때, 시그널을 더해주는 오브젝트가 필요하다. 기본음에 배음을 더할 때 +~오브젝트를 사용하고 소리를 증폭하기 위해 \*~오브젝트를 사용한다. 위 그림을 통해 cycle~오브젝트로 사인파를 생성해 기음으로 삼고 네 개의 부분음을 합성한 것을 확인할 수 있다. 가산 합성 방식에 사용할 수 있는 오실레이터 파형의 종류는 다음<표-2>와 같다.

<표-2> 파형의 종류

오브젝트	파형
cycle~	사인파(sine wave)
cos~	코사인파(cosine wave)
saw~	톱니파(sawtooth wave)
rect~	사각파(square wave)
tri~	삼각파(triangular wave)

## ⑦ noise를 이용한 합성 방식

1913년 루이지 루솔로(Luigi Russolo)<sup>55)</sup>는 <The Art of Noises>를 발표하며 소음을 음악에 사용하기 시작하였다. 직접 소음 악기를 제작하고 공연에 사용한 실질적인 첫 사례로 볼 수 있고, 음악사에 유의미한 시도라고 할 수 있다. 그 밖에도 Alva Noto<sup>56)</sup>, Merzbow<sup>57)</sup> 등 많은 아티스트가 노이즈를 활용한 작품을 만들었고, 대중음악에서도 Beatles<sup>58)</sup>, Sonic Youth<sup>59)</sup> 등 노이즈를 이용한 다양한 시도가 있었다. 국내에서는 많이 다뤄지지 않고 있어 사례를 찾기 힘들지만, 새로움을 찾는 아티스트들에게 많은 영감을 주며 연구 중에 있는 분야이다. [그림-11]의 작품 <Trans Human><sup>60)</sup>은 2017년에 라지웅이 제작한 멀티미디어 음악 작품으로 음향학에서 정의된 소음을 활용하여 하나의 완성된 작품을 제작하였다.

---

55) 이탈리아의 화가 음악가. 미래주의 운동에 참여하여 회화와 음악 영역에서 전위적으로 활동했다.

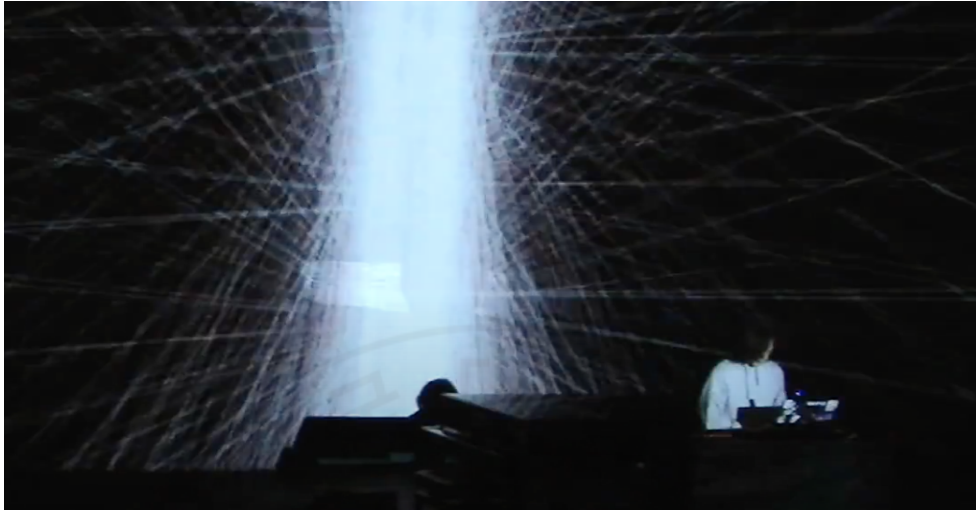
56) 독일의 음악가이자 미디어 아티스트이다.

57) 일본 출신의 음악가이다.

58) 영국 리버풀 출신의 4인조 락밴드이다.

59) 미국 뉴욕 출신의 락밴드이다.

60) 라지웅의 작품으로 2017년 한국멀티미디어음악학회(SIMM)주최의 <보는 소리, 듣는 영상 XIV> 공연에서 초연되었다.

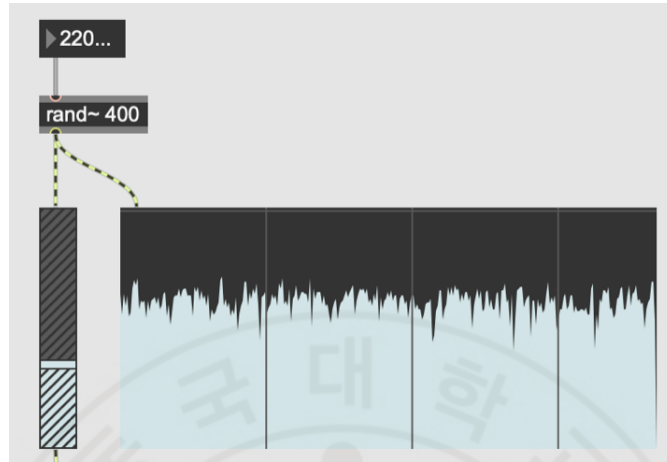


[그림-11] 노이즈를 활용한 작품 <Trance Human>

본 작품 <기억>에서도 소음을 활용해 노이즈 앰비언트 사운드를 제작하였고, 소음이 불쾌하고 시끄러운 소리가 아닌 하나의 효과음, 배경음으로서 음악적 기능을 할 수 있도록 하였다.

사용된 노이즈는 Max에서 rand~오브젝트를 통해 만들었고 작품에서는 [그림-12]의 rand~는 입력된 수치에 따라서 -1 부터 +1의 범위를 가진 소수로 구성된 주파수 음량 값을 불규칙하게 생성한다. 이로 인해 생성된 사운드는 무작위의 주기를 갖으며 Max 상에서 소음을 만들어 내기 위한 가장 쉬운 방법 중 하나이다.



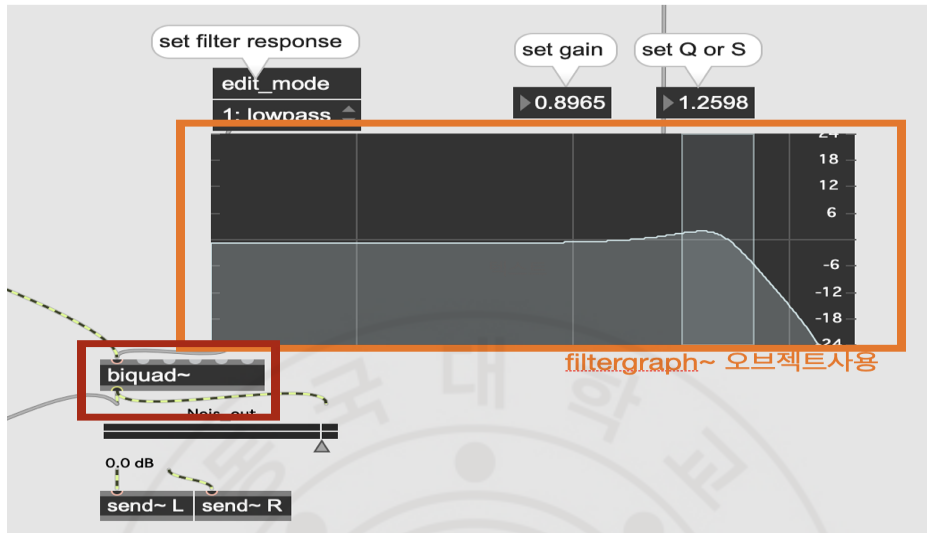


[그림-12] Max 상의 rand~오브젝트

완성된 노이즈 합성음은 low pass filter<sup>61)</sup>를 사용해 제어했다. low pass filter는 고역 주파수 대역을 감쇠시키고 저역 주파수 대역만 통과시키는 역할을 한다. 악절이 끝나는 지점에 고역 주파수 대역부터 저역 주파수까지 감쇠시켜 생성되는 효과음을 통해, 타악기가 없는 본 작품에서 타악기를 대체할 수 있는 효과를 기대할 수 있었다.

사용된 low pass filter는 Max에서 biquad~오브젝트를 통해서 구현할 수 있다. filtergraph~오브젝트를 같이 사용하게 되면 filter의 변화를 실시간으로 확인할 수 있어 음향효과를 제어하는 것에 용이하다. [그림-13]은 Max에서 low pass filter를 구현한 패치이다.

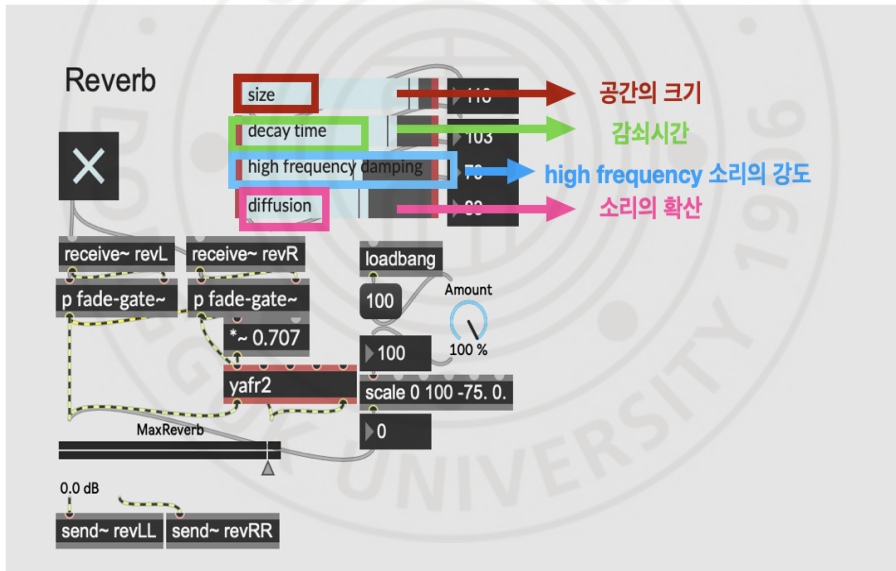
61) 저역을 통과시키는 필터로, 필터를 적용할 경우 오디오에서는 고역이 감쇠하게 된다.



[그림-13] low pass filter 패치

### ⑧ reverberation

reverberation은 공간의 시간차에 의한 반사음들의 집합체를 뜻하며 이하 reverb라고 명칭을 한다. 잔향을 이용하여 공간감을 표현할 수 있는 음향효과를 말하며, 공간을 표현하기 위해 인위적으로 만들어 내는 효과이다. 음악을 제작할 때 제외할 수 없는 필수 음향효과이며 본 작품 또한 다수의 reverb가 사용되었다. 작품에서 사용한 reverb는 Max를 통해 제작하였으며, 다음 [그림-14]에서 yafr2<sup>62)</sup>를 사용한 패치를 확인할 수 있다.



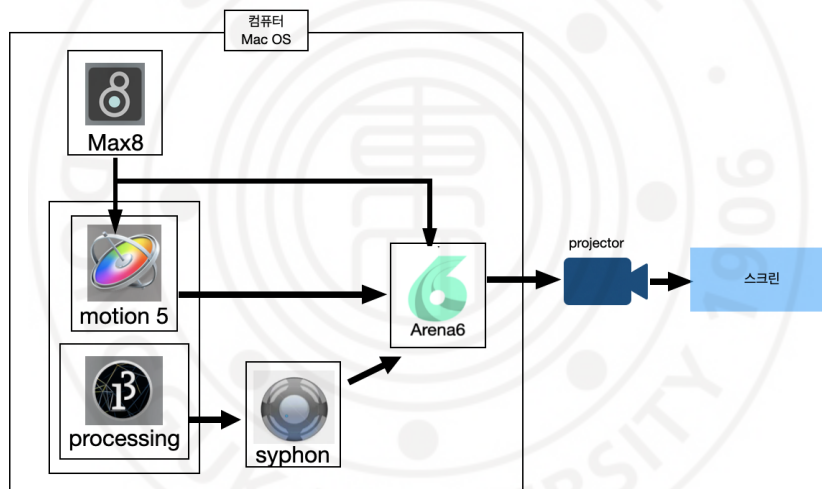
[그림-14] reverb 음향효과를 구현한 패치

62) Max의 Package Manager에서 받을 수 있는 외부 패치로, reverb를 구현할 수 있다.

## 2. 영상 시스템 설계

### 1) 영상 시스템 및 구성

본 연구는 소리 시각화 구현을 위해 Processing<sup>63)</sup>과 Arena6, Motion5<sup>64)</sup>를 사용하였다. Max에서 OSC<sup>65)</sup> 신호를 받아 영상 소스에 음악과 맞는 인터랙션 효과를 부여하고, 각각의 영상 이미지들은 Arena에서 수합되어 작품에 맞춰 장면을 구성하게 된다. 다음 [그림-15]는 영상 시스템을 도식화한 것이다.



[그림-15] 영상 시스템 구성도

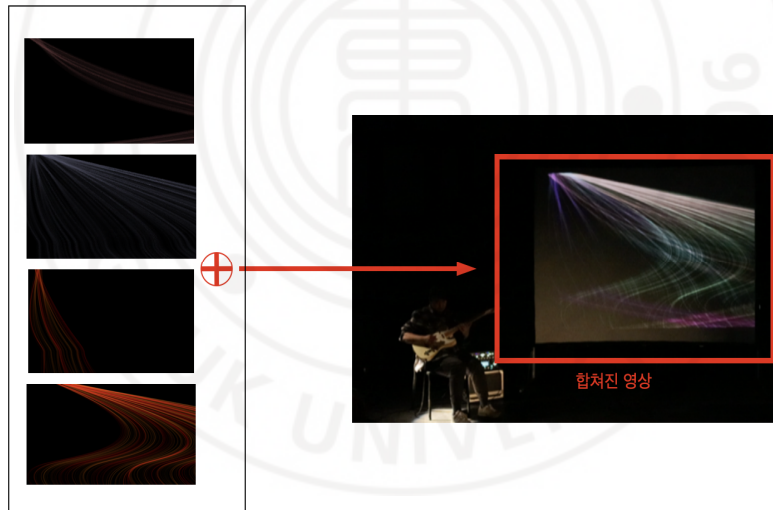
63) 뉴 미디어 아트, 시각 디자인 공동체를 위해 개발된 오픈 소스 프로그래밍 언어이자 통합 개발 환경(IDE)이다. MIT 미디어 연구소에서 개발하였다.

64) 시네마틱 2D 및 3D 타이틀, 사실적인 이펙트를 실시간으로 쉽게 만들 수 있는 모션 그래픽 프로그램이다.

65) open sound control의 약자이며 사운드 데이터의 전송을 위한 통신규약이다.

## 2) 영상제작

작품에 사용한 영상 소스는 Processing과 Motion5로 제작하였다. Processing은 프로그래밍을 통한 시각 구현 프로그램이다. 텍스트(text) 방식의 코딩(coding)<sup>66)</sup>을 통해 원하는 수치와 명령어를 입력하게 되면 시각적으로 구현이 된다. 컴퓨터의 리소스를 적게 사용하고 실시간으로 영상을 생성하고 제어 할 수 있는 장점이 있다. [그림-16]은 Processing으로 제작한 영상의 화면이다. [그림-17]과 같은 코드<sup>67)</sup>안에 표시되어있는 특정 수치를 바꿔 네 개의 영상을 만들었고 곡의 흐름에 맞춰 등장하게 하였다. 합쳐진 네 개의 영상은 [그림-16]과 같이 스크린에 나타난다.



[그림-16] 공연 영상

66) 컴퓨터가 이해할 수 있는 명령을 C언어, 자바, 파이썬 등의 프로그래밍 언어로 입력하는 과정을 뜻한다.

67) 정보를 표현하기 위한 기호의 체계를 코드라고 하며, 프로그램을 만들 때는 명령이나 수치를 코드로 나타낸다.

```
float[] freqs = {200, 200, 200, 200, 200};  
void setup(){  
  size(1920, 1160);  
  background(0);  
  colorMode(HSB, 240, 100, 100);  
}
```

```
float[] freqs = {200, 2000, 200};  
void setup(){  
  size(1920, 1160);  
  background(0);  
  colorMode(HSB, 240, 100, 100);  
}
```

[그림-17] Processing 코드

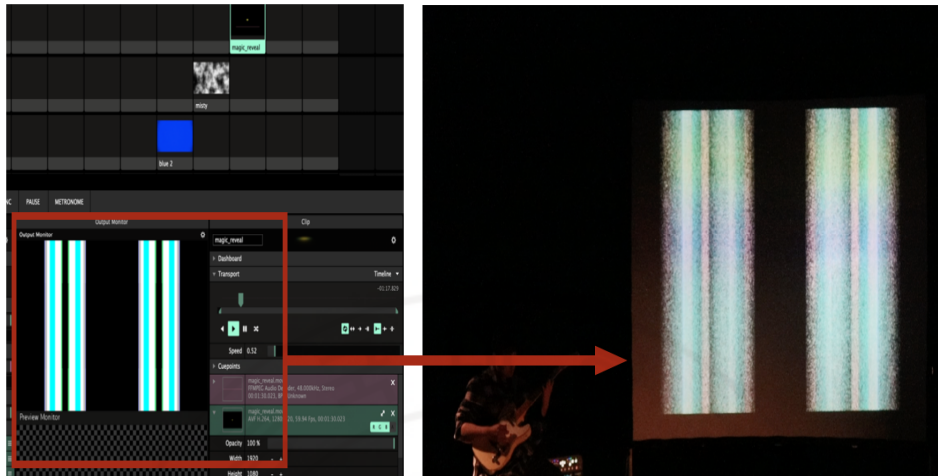
Motion5는 애플(Apple)에서 제작한 모션 그래픽(motion graphic)<sup>68)</sup>을 구현할 수 있는 프로그램이다. 실시간 컨트롤이 불가능하기 때문에 영상을 출력하여 사용해야 하지만, 영상의 퀄리티(quality)가 준수하고 쉽게 제작할 수 있는 편의성을 가진다.

두 프로그램으로 제작한 영상은 Arena를 통해 제어되며 실제 공연에서는 미디 컨트롤러에 매핑하여 변화를 주거나 전기 기타의 실시간 입력 소스에 반응하게 된다. 작품에서는 전기 기타의 저음역대에 프로세싱 된 ring modulation에 의해서 색상이 변화하고, 고음역대의 음량 값에 의해 질감이 변화하는 방식으로 음악과 영상이 연동되어 있다.

68) 움직임과 시각적 형상이 합쳐진 합성어. 비디오 영상 혹은 애니메이션 기술을 이용하여 다양한 움직임이나 회전의 환영을 만들어내는 그래픽 기술을 뜻한다.

### 3) Arena를 이용한 영상효과

작품을 위해 제작된 여러 개의 영상 소스들을 하나의 완성된 영상으로 만들기 위해선 영상의 제어가 필수이며, 이를 위해 Arena를 사용하였다. Arena는 여러 개의 영상을 제어하기 쉽고, 각각의 영상마다 여러 효과를 설정할 수 있다. 영상 제어 방식으로는 프로그램 내부에서 조작하는 방법과 외부 기기를 연결하는 방법으로 나눌 수 있으며, 외부 기기 연결 방법은 컨트롤러를 직접 연결하는 방식과 OSC 통신을 통해 실시간으로 제어하는 방식이 있다. 본 작품에서는 두 가지 외부 기기 연결 방식을 모두 사용하였으며, 첫 번째로는 Max 패치에 입력된 전기 기타의 신호를 OSC 통신을 통해 Arena로 전송해 실시간으로 영상을 제어했다. 그리고 두 번째로는 Arena에서 사용한 각 영상의 효과들을 컨트롤러에 직접 연결해 작품의 시나리오에 맞게 각 파라미터를 조정하여 영상 효과를 연출했다. 다음 [그림-18]에서 Arena 영상효과를 통해 실시간으로 제어된 영상을 확인할 수 있다.



[그림-18] Arena를 이용한 영상효과

다음 <표-3>은 작품에 사용된 내장 효과들에 대한 설명이다.

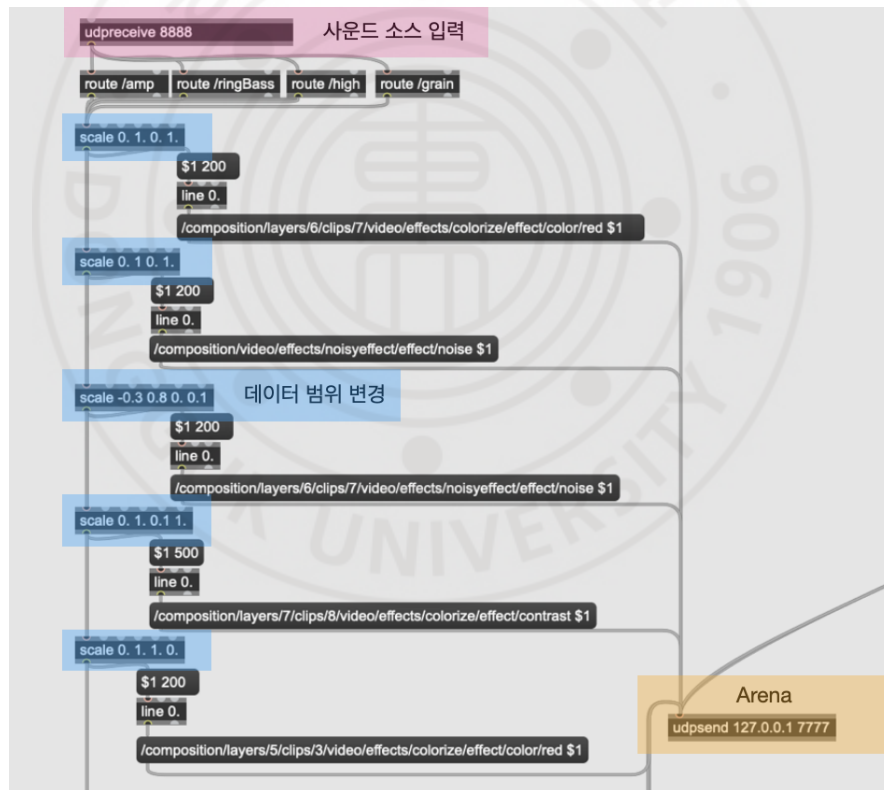
<표-3> Arena 영상효과

영상효과	효과 설명
transform	영상의 위치와 크기 각도를 변형시키는 효과
opacity	영상의 투명도를 조절해주는 효과
colorize	영상의 색상을 조절해주는 효과
mirror quad	화면을 4분할하여 영상을 반사시키는 거울 효과
color pass	해당되는 색상을 통과 시키는 효과
blow	특정 영역을 번지거나 흐리게 하는 효과



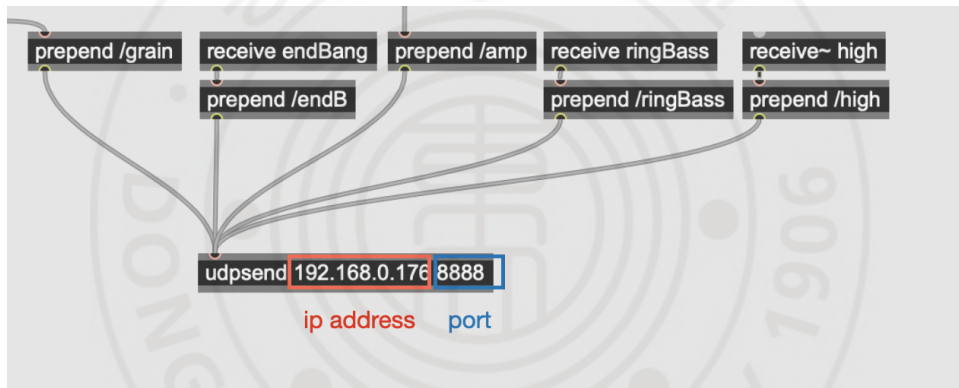
#### 4) OSC 통신을 이용한 실시간 영상제어

제작된 영상에 사운드 데이터를 실시간으로 입력하고 인터랙션하기 위해 Arena의 영상 이펙트를 제어할 필요가 있다. 프로그램들 간의 신호를 주고받게 하기 위해서 하나의 규격이 필요하며 다른 프로그램간의 연동을 위해 OSC 통신을 사용하였다. 다음 [그림-19]는 Max에 입력된 전기 기타의 사운드 데이터를 OSC 통신을 이용하여 Arena로 OSC 데이터를 전송하는 패치이다.



[그림-19] OSC 통신을 이용한 영상제어 패치

두 프로그램의 데이터 통신을 위해서 udpsend오브젝트<sup>69)</sup>를 사용하였다. udpsend오브젝트에는 서로 통신할 주소와 포트 넘버(port number)<sup>70)</sup>를 지정해주어야 한다. 본 작품의 경우 두 대의 컴퓨터를 사용하였기에, 사운드를 전송하는 컴퓨터에서 [그림-20]과 같이 전송 받을 컴퓨터의 주소를 입력해야 한다. 전송되는 데이터들은 상호 호환을 위해 알맞은 범위로 값이 조절되어야 한다. Max에서 scale오브젝트<sup>71)</sup>를 이용해 데이터의 입력 범위를 조절할 수 있다. 실시간으로 변화하는 데이터 값은 line오브젝트<sup>72)</sup>를 사용해 부드럽게 변화시켜 준다.



[그림-20] 데이터 전송을 위한 Max/MSP 패치

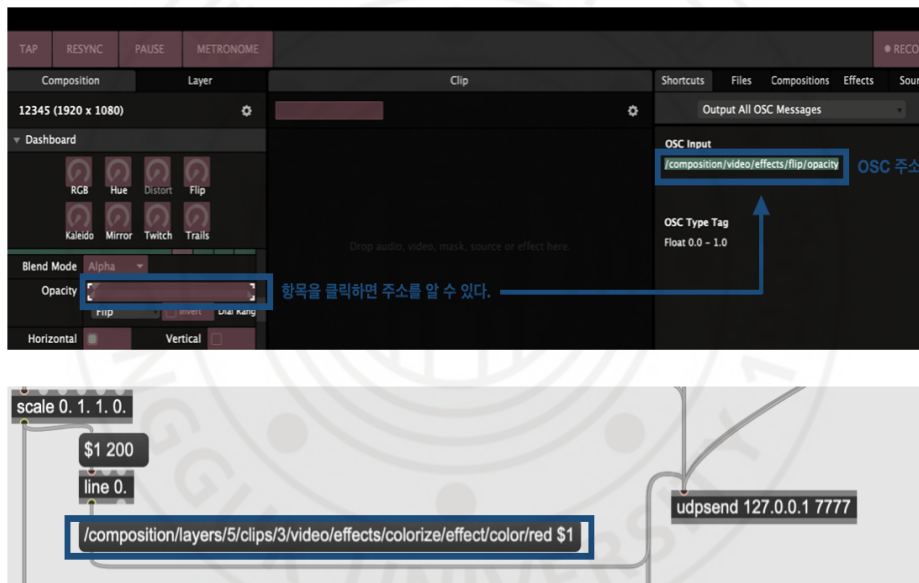
69) UDP 방식의 통신 프로토콜을 사용하는 오브젝트이다.

70) 인터넷의 전송 제어 프로토콜(TCP)이나 사용자 데이터그램 프로토콜(UDP)에서 어플리케이션이 상호 통신을 위해 사용하는 가상의 논리적 통신 연결단을 말한다.

71) 입력 값의 범위를 출력 값의 범위에 알맞게 맞추어 주는 오브젝트이다.

72) 특정한 시간 안에 한 값에서 다른 값으로 이동하도록 램프 값과 라인 값을 생성해주는 오브젝트이다.

OSC 데이터를 전송받은 컴퓨터에서는 Max를 사용하여 데이터를 정제한 후 Arena로 신호를 전송한다. OSC 통신을 이용해 전기 기타로부터 출력된 데이터로 Arena의 영상효과를 제어할 수 있으며 Arena에서 사용된 효과는 noisy, mirror quad, transform 등의 효과를 사용하였다. Max에서 Arena로 데이터를 전송해 주기 위해 특정 파라미터에 대한 주소를 입력해주어야 한다. [그림-21]은 Arena의 특정 파라미터에 대한 OSC 주소 정보를 활용하여 Max에 입력하는 과정을 보여준다.



[그림-21] OSC 통신

Processing을 통해 제작된 영상은 udpSend오브젝트 사용하여 데이터를 수신하고 이를 위한 OSC 통신 기능을 사용하기 위해서는 별도의 라이브러리(library)가 필요하다. 다음 [그림-22]와 같이 oscP5 라이브러리를 사용해 OSC 데이터를 수신할 주소와 포트를 입력한다. OSC 통신으로 수신하는 데이터를 변수로 지정해주게 되면 실시간으로 제어가 가능하다.

```

import oscP5.*;
import netP5.*;
OscP5 oscP5;
NetAddress myRemoteLocation;

void setup(){
    oscP5 = new OscP5(this, 17777);
    myRemoteLocation = new NetAddress("127.0.0.1", 17777);
    size(1920,1080,P3D);
    background(0);
    colorMode(HSB,240,100,100);
}

void oscEvent(OscMessage theOscMessage) {
    if (theOscMessage.checkAddrPattern("/xxx") == true) {
        println(theOscMessage.get(0).floatValue());
        xxx = theOscMessage.get(0).floatValue();
    }
}

```

oscP5 라이브러리 입력

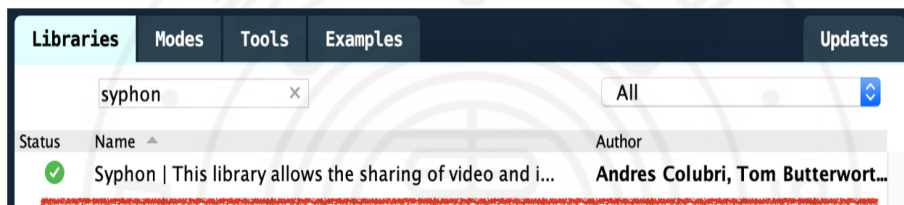
데이터를 받을 주소, 포트 설정

OSC 통신으로 수신받을 데이터의 조건 설정

[그림-22] Processing에서의 서버 전송

## 5) Syphon을 활용한 영상 출력

Processing 영상을 Arena에서 출력하기 위해서는 영상 소스를 공유하기 위한 프로그램이 필요하다. 대표적으로 Syphon과 Spout<sup>73)</sup>가 있다. 언급한 프로그램들은 PC의 운영체제에 따라 선택해야하며 작품에 사용된 Mac OS<sup>74)</sup>에서는 Syphon을 사용하여야 한다. Processing에서는 Syphon 라이브러리를 제공하고 있으며, Syphon을 사용하기 위해서는 다음 [그림-23]과 같이 Syphon 라이브러리를 설치해야 한다.



[그림-23] Syphon 라이브러리 설치 화면

설치된 라이브러리를 통해 Max에서 음량 데이터를 전송받아 Processing 영상을 실시간으로 제어하고, Syphon 라이브러리를 통해 Arena에서 영상 출력이 가능하다. Processing 내에서 설치된 Syphon 라이브러리를 호출하기 위한 코드는 다음 [그림-24]와 같다.

73) 윈도우 환경에서 실시간 비디오 전송을 지원해주는 프로그램이다. <http://spout.zeal.co/>

74) 애플 PC의 운영체제를 말한다.

```

import oscP5.*;
import netP5.*;
import codeanticode.syphon.*;
SyphonServer server;

OscP5 oscP5;
NetAddress myRemoteLocation;

void setup() {
server = new SyphonServer(this, "Main Interaction");
oscP5 = new OscP5(this, 12002);
myRemoteLocation = new NetAddress("127.0.0.1", 12002);

void draw() {
server.sendScreen();

```

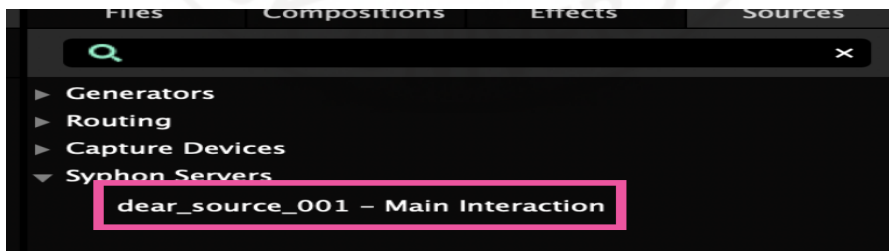
라이브러리를 호출하는 코드

서버 생성 코드

Arena 의 스크린으로 영상을 보내는 코드

[그림-24] Processing에서의 Syphon 호출 코드

위와 같이 작성된 코드는 [그림-25]와 같이 Arena에서 인식되며 영상의 최종 출력 사이즈의 변형, 위치 조절을 할 수 있고 필요시에 최종 출력된 영상에 영상효과를 추가할 수도 있다.



[그림-25] Syphon을 통해 호출된 영상 소스의 Arena 화면 표시

### 3. 멀티미디어 작품 <기억>

연구된 사운드와 영상을 적용한 멀티미디어 음악 작품 <기억>은 2020년 12월 30일 동국대학교 소극장에서 온라인으로 진행된 한국멀티미디어학회 ‘보는 소리, 듣는 영상 XVII’ 공연에 초연되었다.

#### 1) 작품 소개



[그림-26] 작품 <기억>의 공연 장면

작품 <기억>은 기억의 생성, 저장, 소멸, 잔상, 재생성하는 과정을 표현하였다. 사람의 삶과 존재에 중요한 역할을 하고 있는 ‘기억’에 대해 많은 연구가 이뤄지고 있지만, 과학적으로는 뚜렷하게 증거가 되고 있지 않다. ‘인간의 뇌와 기억에 대해 결국 알 수 없는 것일까?’ 라는 의구심에서부터 시작하여 삶의 중요한 요소에 대한 구체적이고 예술적인 통찰의 필요성을 느끼게 되었다. 그리하여 하루에도 수백 번 이상 이루어지는 기억의 형성과 소멸되는 과정에 대해 관심을 갖게 되었고, 본 작품은 창작자의 기억의 형성과정을 임의로 구성하여 작품으로 제작하였다.

## 2) 작품 구성

### ① 음악

전기 기타의 느린 연주와 몽환적인 느낌의 사운드 프로세싱으로 기억의 생성 과정을 창작자의 임의로 풀어내었다. 작품의 전개는 A - B - C - D - A' 의 진행으로 이루어진다. 다음 <표-4>는 작품의 의미와 사용된 프로세싱을 정리하였다.

<표-4> 작품의 의미와 사용된 프로세싱

파트	의미	사운드 프로세싱
A	기억의 생성	granular synthesis, phase vocoder, stereo delay, ring modulation, noise, flanger, reverb
B	기억의 저장	granular synthesis, stereo delay, additive synthesis, noise, reverb
C	기억의 소멸	additive synthesis, noise, reverb
D	기억의 잔상	stereo delay, noise, flanger, reverb
A'	기억의 재생성	granular synthesis, phase vocoder, stereo delay, ring modulation, noise, flanger, reverb



A 파트와 B 파트에서는 멜로디의 주제 선율이 연주된다. 부분적으로 믹솔리디아(Mixolydian)<sup>75)</sup> 선법을 차용해 단순한 주제 선율에 긴장감을 이끌어냈다. 느리고 여유 있게 전개되는 A 파트와는 다르게 B 파트에서는 저음현의 8분 음표 연주로 리듬감을 갖고 곡을 진행하며, 연주자는 베이스 연주와 주제 선율 연주를 동시에 연주한다. 기억의 소멸을 의미하는 C 파트는 전기 기타의 연주가 잠시 멈추고 합성 음들로만 전개된다. D 파트는 전기 기타의 연주가 아르페지오(arpeggio) 주법으로 진행되며 서정적인 분위기를 연출하였고, C 파트와 D 파트에는 차용화음(modal interchange)<sup>76)</sup> 을 사용해 곡의 흐름에 방해되지 않는 선에서 다른 음악적 색채를 더하였다.

## ② 영상

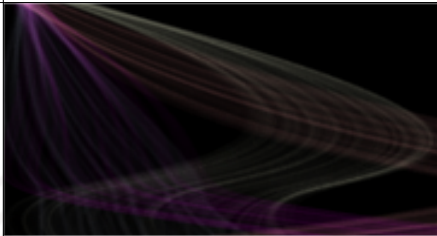
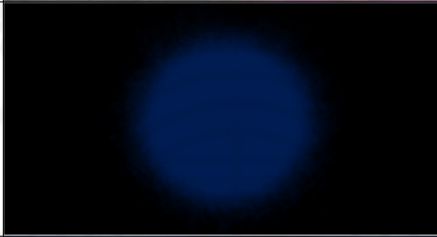
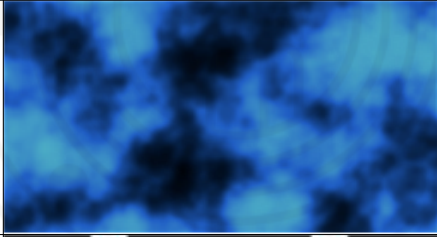

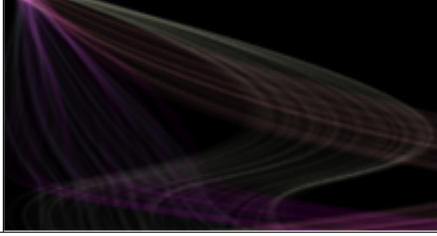
작품을 위해 사용된 영상 소스는 음악의 전개와 각 파트의 의미에 맞게 시각화되었다. A 파트와 A' 파트는 기억의 생성을 표현하였다. 선을 이용해 세포 또는 뇌에 새겨지는 기억의 주름을 표현하였고, 음악에 의해 반응하는 선들은 기억이 각인되는 것을 의미한다. 각기 다른 네 개의 '기억 생성' 영상을 제작해 음악의 진행에 따라 차례로 중첩시켰다. 네 개의 영상은 입력된 신호에 의해 색상과 질감이 달라지는데, 이것 또한 기억이 생성되며 분류되어 저장하기 위해 준비되어지는 과정과 연결된다. B 파트에 등장하는 파란색 원은 기억의 저장을 의미하며 C 파트의 노이즈 영상과 연결 시켜 기억의 저장은 곧 기억의 소멸을 함께 한다는 의미로 연결하였다. D 파트에서는 소멸된 기억의 남은 잔상들을 표현하였으며, 생성되는 두개의 줄은 입력되는 신호에 의해 움직인다. 선의 입자가 분쇄되며 흐려지는 과정을 연출해 소멸되어지고 남은 기억의 잔상을 표현하였다.

75) 그리스 선법 또는 중세의 교회 선법의 일종이다.

76) 조를 옮기지 않고 일시적으로 화음을 빌려오는 방식을 말한다.

<표-5>에는 작품 영상 구성과 이미지, 의미를 진행 순서대로 표기하였다.

<표-5> 영상 구성과 의미

영상구성	이미지	의미
A		기억의 생성
B		기억의 저장
C		기억의 소멸
D		기억의 잔상
A'		기억의 재생성

### 3) 작품에서의 연구 기술 적용

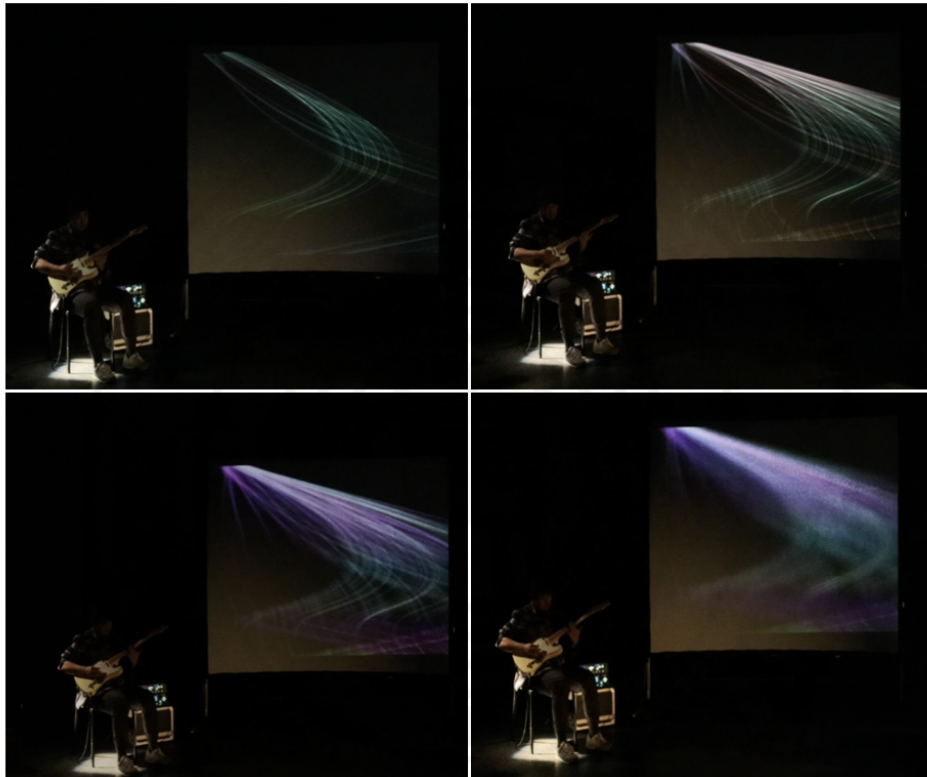
#### ① A 파트

노이즈 합성음으로 음악이 시작된다. 사운드 프로세싱은 현악기를 모방한 phase vocoder를 주요 음향효과로 사용하였으며, 재생속도를 음수로 설정하여 역재생된 소리가 부드럽게 출력되도록 하였다. 소리의 중첩을 피하고 선명한 프로세싱 사운드를 얻기 위해 xover~를 사용하여 저음역대와 고음역대를 분리하고 음역대역별로 다른 음향효과를 부여하였다. 분리된 저음역대에는 ring modulation을 프로세싱하여 울렁거리는 효과를 연출하였고, 고음부에는 phase vocoder를 사용하여 소리의 입자감을 더했다. 아래 <표-6>은 사용된 사운드 프로세싱과 영상효과를 표기하였다.

<표-6> A 파트

의미	기억의 생성
사운드 프로세싱	granular synthesis, phase vocoder, stereo delay, ring modulation, reverb, noise ambient, flanger
영상효과	noisy , colorize

전기 기타 사운드의 저음역대와 고음역대의 음량 값에 따라 이미지에 적용된 효과가 변화하도록 음악과 영상을 연동하였다. [그림-27]은 공연장에서 촬영한 사진으로 A 파트의 영상 변화를 알 수 있다.



[그림-27] A 파트의 영상변화

## ② B 파트

B 파트는 기억이 저장되는 형태를 표현하였다. 기억을 파란색 원으로 시각화하여 원이 점점 작아짐에 따라 분산된 기억들이 밀집되면서 저장되는 과정을 표현하였다. 특정한 템포를 정하지 않고 연주자의 호흡으로 자유롭게 진행된 A 파트와는 달리, 저음현의 8분 음표 연주로 리듬감을 형성하며 작품이 전개된다. 사용된 프로세싱은 granular synthesis, stereo delay, additive synthesis, noise ambient이다. 다음 <표-7>은 사용된 사운드 프로세싱과 영상효과에 대한 정리이다.

<표-7> B 파트 구성

의미	기억의 저장
사운드 프로세싱	granular synthesis, stereo delay, additive synthesis, reverb, noise ambient
영상효과	noisy, colorize

B 파트가 끝나는 지점에서 디졸브(dissolve)<sup>77)</sup>효과를 사용해 C 파트의 영상이 점차적으로 드러나 중첩되며 전환되게 하였다. 아래 [그림-28]에 전환되는 과정이 드러나 있다.



[그림-28] B 파트의 영상변화

### ③ C 파트



[그림-29] C 파트의 영상효과

77) 한 화면이 사라짐과 동시에 다른 화면이 점차로 나타나는 장면 전환 기법이다. 화면의 밀도가 점점 감소하는 것과 동시에 다른 화면의 밀도가 높아져서 장면이 전환되는 것을 말한다.

[그림-29]는 C 파트로 전환된 영상이며, B 파트에서의 기억이 저장됨과 동시에 발생하는 기억의 소멸을 표현하였다. 분명히 정의할 수 없는 기억의 소멸을 사운드 프로세싱을 통해 공간감을 넓혀 몽환적인 분위기로 연출하였고, 가산 합성 방식을 통해 제작한 음원으로 주선율을 연주하였다. 낮은 음의 bass synth 연주로 무겁고 가라앉는 느낌을 주었으며, 화음의 부재로 생긴 빈 공간에는 noise를 사용하여 제작한 앰비언트 사운드로 채워주었다. C 파트의 사운드 프로세싱과 영상효과는 <표-8>과 같다.

<표-8> C 파트 구성

의미	기억의 소멸
사운드 프로세싱	additive synthesis, reverb, noise ambient
영상효과	colorize

#### ④ D파트

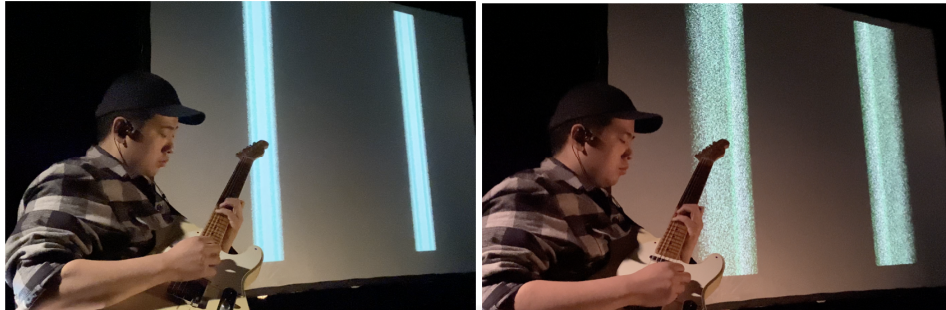
D 파트의 음악은 차용화음을 사용한 작곡기법과 아르페지오 주법으로 연주한 것이 큰 특징이다. 그리고 아르페지오 주법 연주에 stereo delay 음향효과를 사용하여 분산된 화음이 한 번 더 반사되게 하였고, 이러한 연출을 통해 소멸되어 파편처럼 흩어진 기억의 잔상을 표현하였다. 사용된 프로세싱은 다음<표-9>와 같다.

<표-9> D 파트 구성

의미	기억의 잔상
사운드 프로세싱	stereo delay, reverb, noise ambient, flanger
영상효과	noisy, mirror quad, blow, color pass

D 파트의 시각적 표현은 ‘기억의 잔상’이라는 주제에 맞는 영상효과를 위해 Arena의 noisy, mirror quad, blow, color pass를 사용하였다. 그리고 음악과 영상의 인터랙션을 위해 전기 기타의 데이터를 OSC 통신으로 Arena에 전송하였다. 전송된 데이터는 영상에 연동되어 다음 [그림-30]과 같이 전기 기타의 신호에 의해 영상효과가 적용된다.





[그림-30] D 파트의 영상효과

### ⑤ A' 파트

작품의 마지막인 A' 파트는 A - B - C - D 파트를 지나 다시 A' 파트로 되돌아오게 하여 반복되는 '기억의 재생성'을 표현하였다. A 파트에서 연주한 주선율을 변형하여 연주하였고, 사운드 프로세싱을 동일하게 사용하여 A 파트에서 표현된 '기억의 생성'을 A' 파트의 '기억의 재생성'으로 연결하였다. 사용된 프로세싱은 다음 <표-10>과 같다.

<표-10> A' 파트 구성

의미	기억의 재생성
사운드 프로세싱	granular synthesis, phase vocoder, stereo delay, ring modulation, reverb, noise ambient, flanger
영상효과	noisy, colorize

### III. 결론

작품 <기억>은 음악과 영상의 모든 프로세싱 및 시스템을 컴퓨터를 사용하여 구성하였으며, 음악과 다른 미디어의 결합을 통해 새로운 종류의 멀티미디어 작품을 만들고자 하였다.

작품 제작을 통해 진행된 본 연구에서는 전기 기타의 소리가 컴퓨터 사운드 프로세싱으로 재 가공되어 나타나는 소리 구현 방식에 대하여 다루었다. 전기 기타 솔로 연주만으로 만들어 낼 수 없는 풍성한 소리들을 구현하였으며, 더 나아가 음악과 영상의 실시간 상호작용 시스템을 구축하고 다양한 소리에 대한 소리 시각화(sound visualization)를 이루었다.

컴퓨터를 활용한 사운드 프로세싱 시스템은 기악악기로만 구성된 작품이나 공연에서 나타날 수 있는 음원의 한계를 극복하고 새로운 작곡기법을 구현 가능하게 한다. 그리고 영상에서는 연동된 각 악기의 신호에 의해 변화하며, 영상에 적용되는 효과가 실시간으로 조정이 가능하다. 이로 인해 완성된 작품은 음악과 영상이 실시간으로 상호작용한다는 것을 청자가 느낄 수 있도록 하여 감상의 폭이 확대될 수 있도록 제작하였다. 전기 기타로 연주할 수 있는 음역대역 밖의 새로운 사운드를 제작하고, 소리시각화에 대한 연구 목적을 달성하였지만 연구과정에서 몇 가지 문제점이 발생하였으며, 해결해야하는 연구과제는 다음과 같다.

첫 번째로는 공연장에 사용되는 영상의 제어가 원활히 이루어져야 한다. 영상을 출력하는 빔 프로젝터의 밝기와 무대 조명 간의 밸런스가 맞지 않아 원하는 만큼의 결과물을 얻지 못하였다.

두 번째로는 안정적인 컴퓨터 시스템 구축이다. 공연장마다 다른 환경이 조성되어 있기 때문에 변화하는 상황에 대처할 수 있는 안정적인

컴퓨터 시스템 구축에 대한 연구가 이루어져야 한다.

본 연구를 통해 겪은 문제점을 보완하고 이를 바탕으로 기술과 예술을 접목시키는 시도를 계속해 나갈 것이다. 그리고 빠르게 발전하는 과학 기술을 기반으로 지속되는 연구와 작품 창작은 예술 영역의 확대를 불러올 것이며 이는 유의미한 결과로 남을 것이다.

Keyword(검색어):

컴퓨터음악(computer music), 멀티미디어음악(multimedia music),  
Max, 실시간 사운드 프로세싱(real-time sound processing),  
소리 시각화(sound visualization), 기타 음악(guitar music),  
Processing(프로세싱), Arena

E-mail; come-together@naver.com

## 참 고 문 헌

### 1. 단행본

- 김근호, 「오디오 용어사전」, (새녘출판사, 2013)
- 김영민, 「사운드 디자인을 위한 맥스」, (Real Lies Media, 2017)
- 이석원, 「음악음향학」, (심설당, 2003)
- Curtis Roads, 「The Computer for music」, (MIT Press, 1996)
- Daniel Shiffman, 「러닝 프로세싱」, (비제이퍼블릭, 2016)

## 2. 참고 논문

- 나준하, 「Max/MSP/Jitter를 이용한 기타 이펙터 제작과 실시간 소리 시각화 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2015)
- 라지웅, 「Max/MSP와 Generative Art를 이용한 멀티미디어음악 제작 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2018)
- 백인성, 「노이즈의 활용과 시각화를 통한 멀티미디어 작품 제작 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2013)
- 이도경, 「피아노 연주를 통한 실시간 오디오 비주얼 작품 제작」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2018)
- 임준형, 「Max/MSP와 New Media Art를 이용한 인터랙티브 멀티미디어 퍼포먼스 제작 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2020)
- 최아영, 「피아노 연주의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한 멀티미디어작품 제작 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2019)

### 3. 웹사이트

- Arena

<https://resolum.com/>

- CNMAT

<https://cnmat.berkeley.edu/>

- Learning Processing

<http://learningprocessing.com/>

- Max

<https://cycling74.com/>

- Processing

<https://processing.org/>

- Syphon

<http://syphon.v002.info/>

## ABSTRACT

### A Study on Interactive Multimedia Music using Real-time Sound Processing for Electric Guitar

(focus on Multimedia Music <Memory>)

Ahn, Hyo Jin

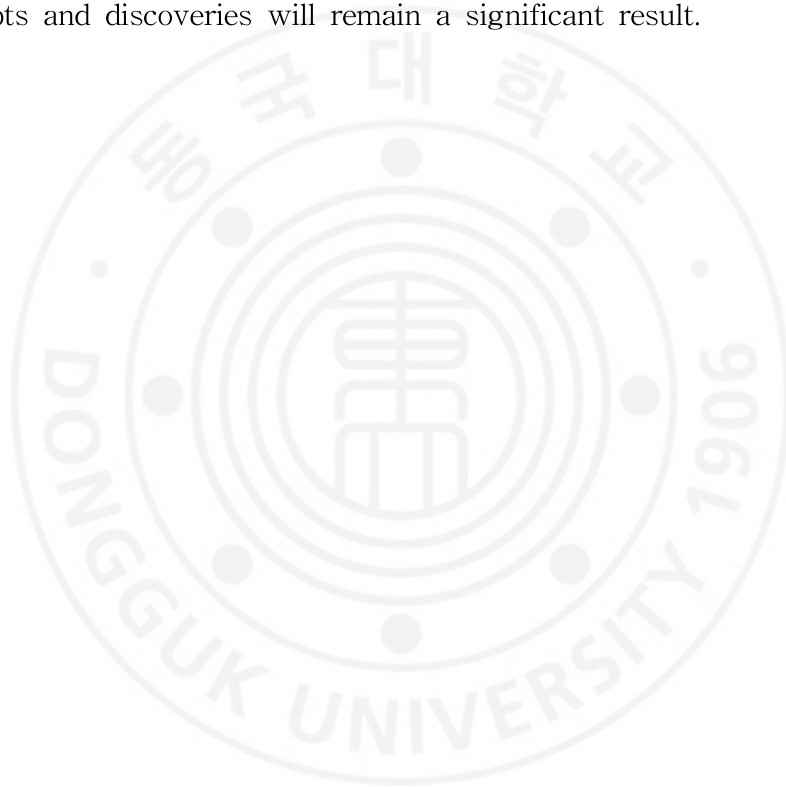
Department of Multimedia  
Graduate School of Digital Image and Contents  
Dongguk University

<Memory> is a multimedia music that was combined different media which are music and video. The music was consisted of real-time sound processing of electric guitar using Max/MSP. The image was produced in conjunction with the music and expanded to the visual expression of the music. In particular, the purpose was to produce and study sound in a range that cannot be made by electric guitars and to study how sound visualizations are implemented and images are controlled.

The electric guitar was sound-processed with Max to expand the expression area of music, and furthermore, a real-time interaction system between music and video was built to visualize the sound. This study implemented sound visualization using Processing, Arena6,

and Motion5. By receiving OSC data through Max, video and music were interacted, each image was created to the scenes via Arena.

Based on the research results obtained from the process of creating a work, we will expand our attempts to create a work that combines technology and art. Creating new forms of work in an increasingly technological environment and continuing research with constant attempts and discoveries will remain a significant result.





## 부록 : 첨부 DVD

1. <기억> 공연영상
2. <기억> 패치 : 작품에 사용된 Max 패치 폴더

