

석 사 학 위 논 문

베이스 기타의 실시간 사운드 프로세싱을  
이용한 멀티미디어음악 작품 제작 연구  
(멀티미디어음악 작품 <Overcome>을 중심으로)

지도교수 김 준

동국대학교 영상대학원  
멀티미디어학과 컴퓨터음악전공

이 도 희

2 0 2 2

석사학위논문

베이스 기타의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한  
멀티미디어음악 작품 제작 연구

(멀티미디어음악 작품 <Overcome>을 중심으로)

이도희

지도교수 김 준

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2021년 12월

이도희의 음악석사(컴퓨터음악)학위 논문을 인준함

2022년 1월

위원장 김정호



위원 정진현



위원 김준



동국대학교 영상대학원

# 목 차

I. 서 론 .....	1
1. 연구 배경 및 목적 .....	1
II. 본론 .....	3
1. 베이스 기타의 특징 연구 .....	3
2. 사운드 제작 연구 .....	6
1) 사운드 시스템 .....	6
2) 사운드 프로세싱 연구 .....	8
① granular synthesis 음향효과 .....	8
② delay 음향효과 .....	10
③ chorus 음향효과 .....	12
④ phase vocoder 음향효과 .....	14
⑤ 사운드 프로세싱 적용 방법 연구 .....	15
3. 영상 제작 연구 .....	17
1) 사운드 데이터 활용 .....	18
2) Arena를 이용한 영상 제작 .....	19
3) 사운드와 영상의 실시간 인터랙션 제작 .....	26
4. 연구 기술의 작품 적용 .....	30
1) 작품 소개 .....	30
2) 작품 구성 .....	30
3) 작품 내 연구 기술의 적용 .....	33
① A 파트 적용 효과 .....	33
② B 파트 적용 효과 .....	36
③ C 파트 적용 효과 .....	37

④ D 파트 적용 효과 .....	39
Ⅲ. 결 론 .....	41
참 고 문 헌 .....	43
ABSTRACT .....	45
부록 : 첨부 DVD 설명 .....	47

## 표 목 차

<표-1> munger~오브젝트 설명 .....	9
<표-2> grain pitch 파라미터 .....	10
<표-3> 영상별 적용 효과 .....	21
<표-4> 영상 효과 설명 .....	22
<표-5> 영상 구성 .....	23
<표-6> 작품<Overcome> 구성 .....	32
<표-7> A-1, A-2 파트에 적용된 프로세싱 및 영상효과 .....	35
<표-8> B파트에 적용된 프로세싱 및 영상효과 .....	37
<표-9> C 파트에 적용된 프로세싱 및 영상효과 .....	39
<표-10> D파트에 적용된 프로세싱 및 영상효과 .....	40

## 그 립 목 차

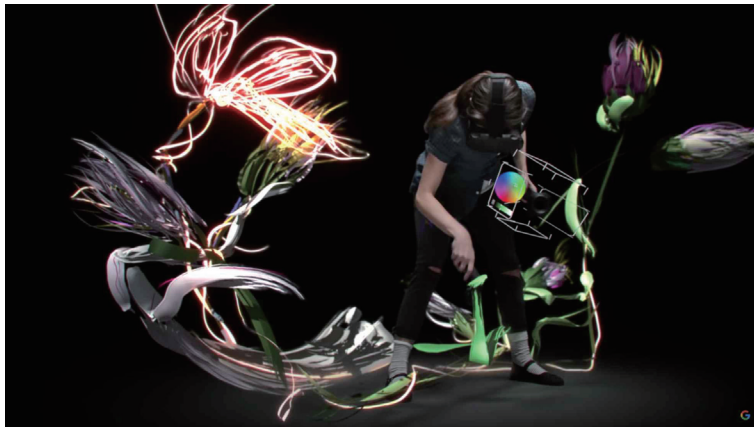
[그림-1] Tilt Brush를 이용한 VR 아트 .....	1
[그림-2] 4현 베이스 기타의 음역 .....	3
[그림-3] 핑거링 주법의 시간 경과에 따른 주파수 성분 변화 .....	4
[그림-4] 서로 다른 연주법의 주파수 성분 차이 .....	5
[그림-5] 오디오 이펙트에 적용된 Max for Live 패치 .....	7
[그림-6] 작품에 활용한 Live의 session view .....	8
[그림-7] munger~오브젝트 .....	9
[그림-8] delay의 기본 원리 .....	11
[그림-9] Max에서 구현한 delay with feedback .....	12
[그림-10] Max에서 구현한 chorus 음향효과 .....	13

[그림-11] pfft~mypvoc~를 이용한 phase vocoder 패치 .....	15
[그림-12] 공연 시스템 .....	17
[그림-13] 음량 값과 어택 값의 측정 .....	18
[그림-14] OSC 통신 패치 .....	19
[그림-15] 영상-1에서 사용된 영상 예시 .....	20
[그림-16] 연주 데이터로 변화하는 영상 데이터 .....	21
[그림-17] 연주의 어택 값에 변화하는 영상-3 .....	26
[그림-18] 어택 값에 변화하는 goo 영상 효과 .....	27
[그림-19] 음량 값에 변화하는 jagginess 값 .....	27
[그림-20] 음량 값에 변화하는 fragment의 opacity .....	28
[그림-21] 음량 값에 변화하는 particle system의 opacity .....	28
[그림-22] 영상-8에 적용된 polarkaleido 효과 .....	29
[그림-23] 음량 값에 의해 변화하는 polarkaleido 효과 .....	29
[그림-24] A-1 파트의 영상-1과 영상-2 .....	33
[그림-25] 스트로크 연주에 변화하는 영상 효과 .....	34
[그림-26] 시간과 어택 값에 따라 변화하는 영상 효과 .....	36
[그림-27] C 파트에서 적용된 영상 .....	38
[그림-28] 영상 7과 앰프 값에 따라 변화하는 영상-8 .....	40

# I. 서론

## 1. 연구 배경 및 목적

멀티미디어 작품은 예술과 기술의 결합을 바탕으로 한다. 예술은 작가 개인의 미적인 감각으로 표현되며 미학적 가치를 기반으로 한 다양한 형태로 재구성될 수 있고, 기술은 시대의 경과에 따라 이러한 예술의 형태를 표현할 수 있는 수단으로 새로운 미디어 장르를 탄생시킨다.



[그림-1] Tilt Brush를 이용한 VR 아트

Google에서 제공하는 Tilt Brush는 기술의 발달로 탄생된 새로운 미디어 장르의 예시이다. Tilt Brush는 3D 페인팅 가상 현실 응용 프로그램으로 2016년 처음 발매되었다. 현재 Tilt Brush는 가상 현실 퍼포먼스 공연이나 미디어 전시와 같은 영역에서 활용되고 있으며 Audio Brush라는 기능을 통해 작가가 그리는 선이 음악에 반응하는 기능을 활용해 인터랙티브 멀티미디어작품을 구현하기도 한다. 이처럼 기술의

발달로 인해 작품을 표현하는 수단은 끊임없이 진화하고 있다.

기술의 발달은 단순히 주어진 영상에 음악을 작곡하는 기존의 방식에서 벗어나 컴퓨터를 이용한 시각적인 매체와 청각적인 매체 사이의 교류를 통해 작품의 의미 전달이 복합적으로 이루어지는 멀티미디어음악 작품을 가능하게 한다.

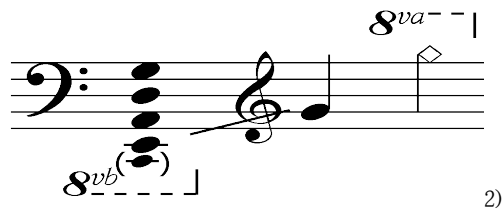
본 논문에서는 작품 <Overcome>을 중심으로 베이스 기타의 실시간 사운드 프로세싱(real-time sound processing)을 통한 새로운 음색을 구현하는 효과를 제작하는데 중점을 두었다. 또한 그에 반응하는 영상을 제작하여 멀티미디어음악 작품 제작 연구를 다루고자 한다.



## II. 본 론

### 1. 베이스 기타의 특징 연구

전통적인 기준에서 음악의 구성은 리듬·멜로디·화성의 3요소로 이루어진다. 그 중 베이스 기타는 음악에서 리듬의 보조 역할을 담당하고 저음을 연주한다. 베이스 기타의 음역은 가지고 있는 현의 개수와 프렛(fret)<sup>1)</sup>에 따라 차이가 있으나 일반적인 4현 베이스 기타의 음역은 다음과 같다.



[그림-2] 4현 베이스 기타의 음역

베이스 기타의 기본 연주법인 핑거링(fingering)<sup>3)</sup> 주법과 퍼커시브(percussive)<sup>4)</sup>한 주법인 슬랩(slap)<sup>5)</sup> 주법은 베이스 기타의 역할을 나타내는 가장 대표적인 연주법이다. 핑거링 주법은 베이스 기타가 악기군 사

1) 기타류 악기의 지판에 박혀있는 음의 경계선으로 음정을 결정하는데 가장 중요한 요소

2) [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/45/Range\\_contrabass.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/45/Range_contrabass.png)

3) 더블베이스 연주 주법에서 발전되었으며 엄지손가락을 픽업이나 지지대에 놓고 검지와 중지를 움직이며 현을 튕긴다.

4) 기타 연주시 타격음을 내어 연주하는 테크닉, 타악기와 비슷한 연주를 할 수 있다.

5) 엄지로 현을 때리고 검지로 현을 뜯는 주법이다.

이에서 맡고 있는 최저음 연주의 역할을 할 때 사용하는 가장 기본적인 연주법으로 부드럽게 피킹하며 일정한 볼륨과 톤을 유지하는 것을 목표로 한다. 이는 베이스 기타가 다른 소리들과 섞일 때 튀지 않고 음향적으로 저음만을 채워주는 가장 기본적인 역할을 의미한다. 이는 [그림-3]의 주파수 분석에서 보이는 배음의 변화로 알 수 있다. 연주할 때 줄의 타격 노이즈 주파수는 시간이 흐름에 따라 빠르게 없어지고 첫 번째 배음과 두 번째 배음만 유지된 채 세 번째 배음과 네 번째 배음의 크기 감소와 그 위로 존재하던 많은 배음이 확연히 감소 되거나 사라짐을 알 수 있다.



핑거링 연주시 시간의 경과에 따른 주파수 성분의 변화

[그림-3] 핑거링 주법의 시간 경과에 따른 주파수 성분 변화

퍼커시브한 연주법은 핑거링 주법과는 다르게 베이스 기타의 넥(neck)<sup>6)</sup>이나 프렛을 타격하고, 타격에서 추가적인 배음이 발생하며 소리의 서스테인(sustain)<sup>7)</sup>이 매우 짧다. 또한 타격에서 발생하는

6) 기타의 헤드와 바디 사이로 줄을 운지하는 부분

7) 소리의 감쇄 후 일정 시간 동안 완만하게 소리가 강조되는 부분

고음역의 주파수가 핑거링 주법과 비교 하였을 때 확연하게 큰 것을 알 수 있다. [그림-4]는 슬랩 주법과 핑거링 주법이 같은 음을 연주할 때 나타내는 주파수의 차이를 보여준다.



[그림-4] 서로 다른 연주법의 주파수 성분 차이

베이스 기타는 주로 단선율 위주의 연주가 이루어지고, 리듬악기라는 특징은 단독 곡에 적합하지 않다는 단점을 가지고 있다. 이를 극복하기 위해 멜로디의 속주가 가능한 태핑(tapping)<sup>8)</sup> 연주법이나 동시에 여러 음을 연주할 수 있는 화성 주법 등을 활용하여 연주하기도 한다. 또한 이러한 주법에 delay<sup>9)</sup>, reverb<sup>10)</sup> 등의 음향효과와 소리 합성을 활용하여 베이스 기타를 이용한 단독 앰비언트 음악(ambient music)<sup>11)</sup>을 만들기도 한다.

본 작품 <Overcome>에서는 베이스 기타의 리듬악기 역할은 delay

- 
- 8) 한 손은 현을 잡고 다른 한 손으로 현을 두드리는 기법으로 속주가 가능하기 때문에 대표적인 고급 테크닉이다.
  - 9) 입력 신호를 받아 저장매체에 저장하고 일정 시간 지연 시켜 재생하는 효과
  - 10) 소리가 울리다가 그친 후에도 남아서 들리는 소리
  - 11) 전통적인 음악적 구조나 리듬 보다 톤과 분위기를 강조하는 음악 장르

효과와 granular synthesis<sup>12)</sup>를 활용하여 소리를 잘게 나누어 반복시켜 리듬을 극대화하고, 베이스 기타의 선율적인 연주에서는 reverb 효과와 granular synthesis 효과를 활용하여 악기의 음색을 강조하고 패드 사운드로 만들었다. 이는 베이스 기타가 자연적으로 낼 수 없는 소리로 컴퓨터를 활용한 실시간 사운드 프로세싱과 베이스 기타가 상호 보완하여 곡을 구성하고 있다.

## 2. 사운드 제작 연구

### 1) 사운드 시스템

작품 <Overcome>은 베이스 기타 연주와 Max for Live<sup>13)</sup>를 사용한 실시간 사운드 프로세싱으로 구성되었다. Max for Live를 사용하여 제작된 음향효과는 Live<sup>14)</sup>의 MIDI<sup>15)</sup> Map Mode 기능을 이용하여 live.dial<sup>16)</sup>오브젝트를 컨트롤러에 매핑(mapping)<sup>17)</sup>하여 베이스 기타의 연주로 발생된 데이터의 파라미터 실시간으로 조절하였다. [그림-5]는 작품 <Overcome>에 사용된 Max for Live 패치와 시스템이다.

---

12) 저장공간에 들어온 소리를 밀리세컨드(millisecond) 단위로 나누어 재조합하는 소리 합성 방식

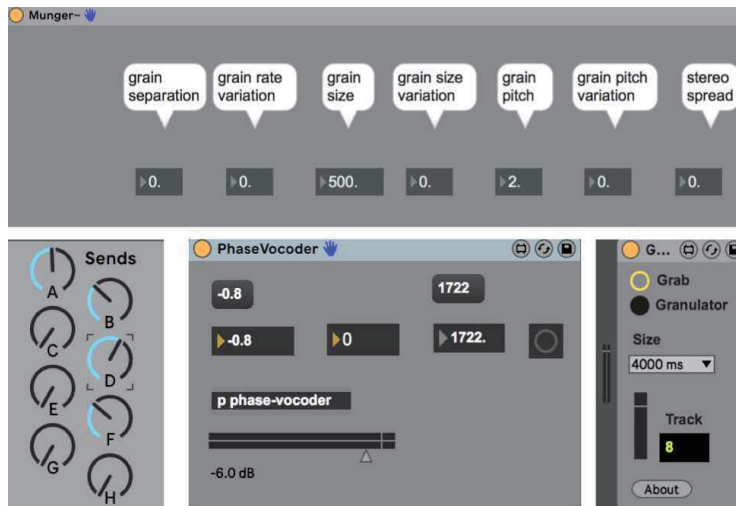
13) Cycling74에서 개발한 Max/MSP는 음악 및 멀티미디어용 프로그래밍이 가능한 개발 환경을 지원한다. Max for Live는 Max/MSP를 Live에서 편집 및 적용을 할 수 있다.

14) Ableton에서 개발한 음악 시퀀서이자 DAW로 다른 시퀀서와 달리 라이브 공연에 강점이 있다.

15) Musical Instrument Digital Interface, 연주 정보를 상호 전달하기 위해 정해진 데이터 전송 규격

16) Live에서 따로 매핑이 가능한 Max for Live 오브젝트

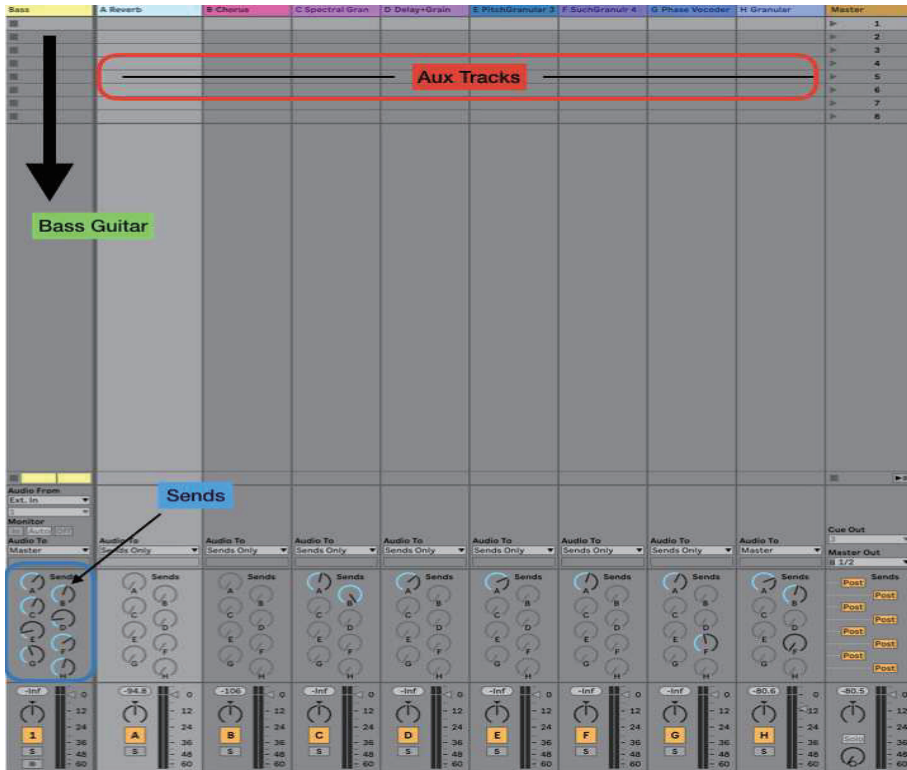
17) 입력된 데이터를 원하는 목표에 적용하는 기능



[그림-5] 오디오 이펙트에 적용된 Max for Live 패치

베이스 기타의 소리는 컴퓨터에 연결된 오디오 인터페이스를 통해 Live로 입력된다. 신호를 받는 베이스 기타 트랙에서 다시 사운드 프로세싱을 위한 aux track<sup>18)</sup>으로 입력하며 그 신호의 양은 메인 베이스 기타 트랙의 샌드(send) 노브들에 의해 조절된다. 각각의 aux track에는 오디오 이펙트(audio effect) 창에 원하는 효과의 Max for live 음향효과를 제작하여 개별 적용하였다. 이러한 방법은 베이스 기타에 개별 효과를 적용하는 방식이 아닌, 효과가 적용된 신호를 다시 다른 aux track으로 보내어 음향효과를 극대화할 수 있게 하였다. [그림-6]은 이번 작품에서 활용한 Live의 프로젝트의 화면이다.

18) send를 통해 받아지는 소리에 음향효과를 적용하기 위한 DAW의 트랙



[그림-6] 작품에 활용한 Live의 session view

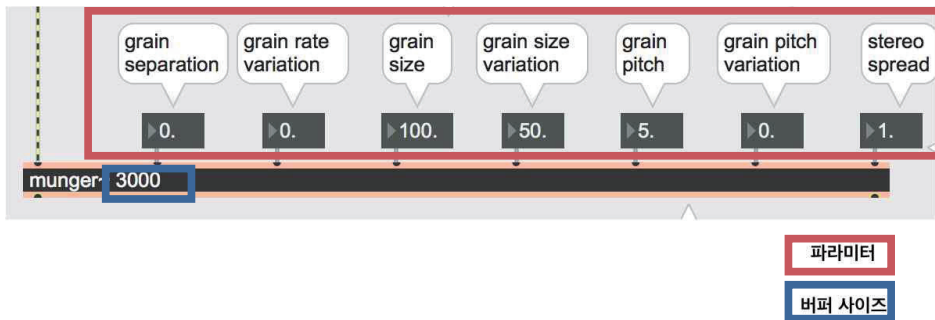
## 2) 사운드 프로세싱 연구

### ① granular synthesis 음향효과

granular synthesis는 지정된 버퍼(buffer)<sup>19)</sup>에 들어오는 사운드를 밀리세컨드(millisecond) 단위로 나누어 재조합하는 소리 합성방식을 의미한다. 짧은 단위의 시간으로 나누어진 소리의 샘플을 grain으로 나타내고 이 grain을 개별적으로 조작하여 다른 순서로 재생하거나,

19) 데이터를 다른 곳으로 전송하는 동안 일시적으로 보관하는 메모리

구간을 반복할 수 있고 여러개의 grain으로 쌓거나 구간을 생략하는 등 조작 가능한 범위가 넓어 다양한 가능성을 가진 합성 방식이다. 본 연구에서는 munger~오브젝트<sup>20)</sup>를 주로 사용하였다. [그림-7]에 표시된 7개의 파라미터는 munger~에서 사용되는 파라미터이다.



[그림-7] munger~오브젝트

munger~에서 사용되는 파라미터는 grain separation, grain rate variation, grain size, grain size variation, grain pitch, grain pitch variation, stereo spread 7개로 정리하며 각 파라미터의 의미는 <표-1>과 같다.

<표-1> munger~오브젝트 설명

grain separation	grain rate variation	grain size	grain size variation	grain pitch	grain pitch variation	stereo spread
샘플의 간격	샘플 간격의 변화	샘플의 크기	샘플 크기의 변화	음정의 높낮이	음정의 변화	음장의 범위

20) Max/MSP의 외부(external) 오브젝트로 Columbia University에서 제작되고 Princeton University의 Dan Trueman에 의해 수정되었다.

grain pitch와 grain pitch variation 그리고 stereo spread를 제외한 나머지 파라미터의 단위는 밀리세컨드(millisecond)이다. grain pitch의 파라미터 값은 2<sup>n</sup>의 지수에 해당하는 값에 따라서 옥타브 간격으로 변화된다. 따라서 2<sup>0</sup>인 경우 변화 없이 원래의 음정이 출력된다. grain pitch의 파라미터 값을 정리하면 <표-2>와 같다.

<표-2> grain pitch 파라미터

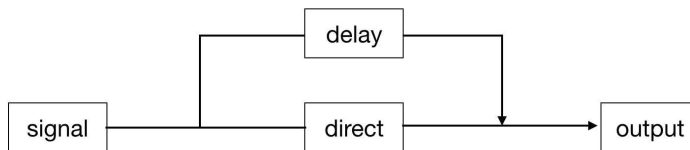
파라미터	0.25	0.5	1 = (2 <sup>0</sup> )	2	4
의미	2옥타브 감소	1옥타브 감소	원래의 음정	1옥타브 증가	2옥타브 증가

이를 통해 베이스 기타가 낼 수 없는 종류의 높은 음역의 소리나 다른 음향효과를 만들어 베이스 기타 솔로로는 채울 수 없는 영역의 효과들을 소리로 만들어 활용하였다.



## ② delay 음향효과

delay 음향효과는 입력 신호를 받아 저장매체에 저장하고 일정 시간 지연 시켜 재생하는 효과이다. 아래 [그림-8]은 delay 효과의 기본적인 신호 흐름이다. 사운드가 입력되면 원음이 재생되는 것과 동시에 저장된 사운드가 설정된 밀리세컨드 단위의 지연시간 뒤에 출력된다.

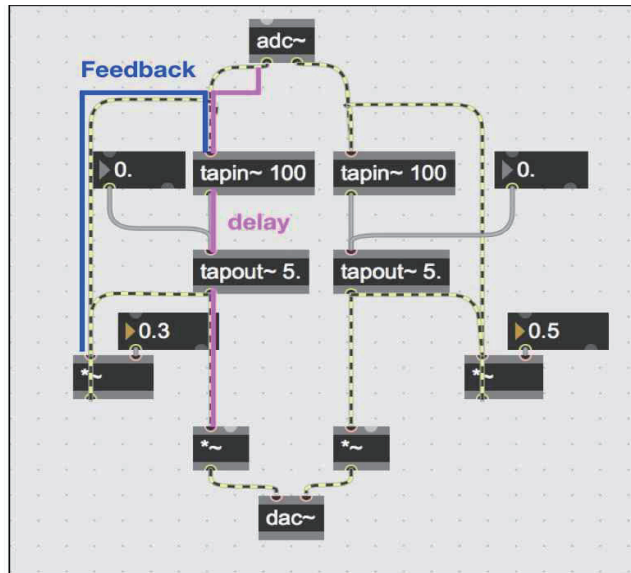


[그림-8] delay의 기본 원리

그러나 단순한 delay 효과는 음원의 재생이 일정한 간격으로 반복되는 것에 그쳐 효과적으로 사용하는 데 한계가 있다. 이러한 delay 효과의 한계는 지연된 신호를 delay 효과로 재입력하는 피드백(feedback)<sup>21)</sup>을 사용하여 보완한다. [그림-9]는 Max에서 구현한 delay with feedback의 패치이다. tapin~오브젝트로 입력된 신호가 tapout~오브젝트에서 지정된 음량 값으로 따로 계산되어 tapin~으로 재입력 된다. expr오브젝트<sup>22)</sup>에 입력하여 계산된 수치는 직접음과 delay 효과의 비율을 조절한다.

21) 지연된 신호가 정해진 비율로 다시 지연되는 효과

22) 입력된 인수를 계산식으로 연산해주는 오브젝트

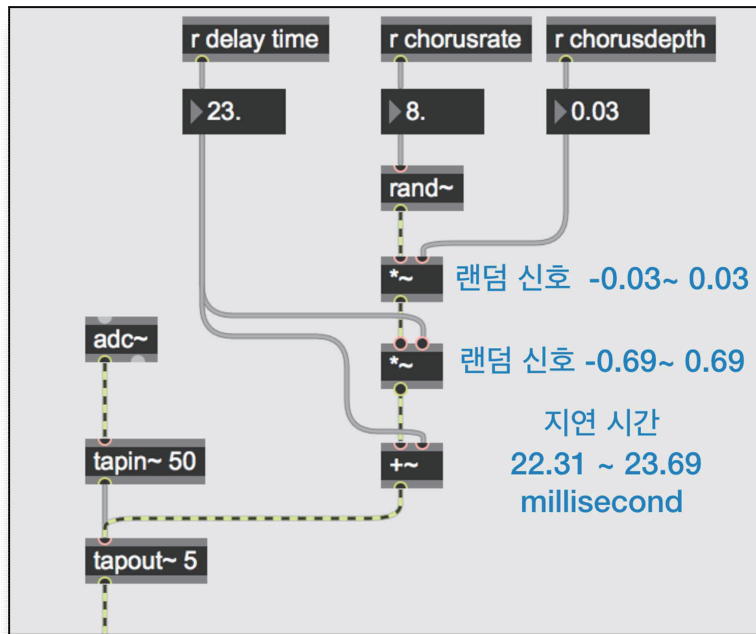


[그림-9] Max에서 구현한 delay with feedback

### ③ chorus 음향효과

chorus 음향효과는 단일 음원을 여러 명이 연주하는 것처럼 오디오 신호를 변화시켜 풍부한 음색을 만들어 주는 효과이다. 자연적인 chorus 효과를 경험할 수 있는 대표적인 예시로는 합창단의 노래를 들 수 있다. 40명의 합창단이 공연장에서 같은 음(unison)<sup>23)</sup>으로 노래할 때 경험할 수 있는 음색의 풍부함은 단원마다 노래하는 음의 주파수가 조금씩 달라져 생기는 음의 보정 효과와 단원들과 청취자 사이의 거리가 모두 다르므로 생기는 아주 짧은 지연 효과들이 합쳐져 만들어지는 효과이다. 다음 [그림-10]은 Max에서 구현한 chorus 효과의 패치이다.

23) 몇 개의 악기 혹은 오케스트라 전체가 같은 음 혹은 멜로디를 연주하는 일



[그림-10] Max에서 구현한 chorus 음향효과

chorus 효과를 디지털 신호처리(digital signal processing)로 구현하기 위해서는 자연적인 chorus 효과에서 언급한 단위과 청취자의 거리를 표현하는 delay 효과와 불규칙한 주파수의 변화를 나타내는 LFO가 필요하다. 이를 앞서 설명한 delay~의 tapin~, tapout~ 오브젝트와 tapout~으로 입력되는 rand~오브젝트를 통해 구현한다. rand~는 지정된 주파수에서 생성된 -1과 1 사이의 무작위 값으로 구성된 신호를 생성하여 tapout~으로 입력한다. 일반적인 화이트 노이즈인 noise~오브젝트 대신 rand~오브젝트를 사용하는 이유는 일반적인 화이트 노이즈가 모든 주파수에서 비슷한 에너지를 갖기 때문인데 화이트 노이즈는 delay 효과의 지연시간을 너무 빠르게 변경하여 추가적인 노이즈처럼 들릴 수 있어 지연시간을 변경하는데 적절한

신호가 아니다. chorus 효과에서 필요한 신호는 좀 더 점진적이지만 예측 불가능하게 변하는 신호이므로 rand~오브젝트를 사용한다. rand~오브젝트는 무작위로 선택된 샘플들 사이에서 예측 불가능하지만 더 연속적인 신호를 생성하기 위해 한 값과 다른 값 사이에서 선형적으로 보간<sup>24)</sup>한다. chorusrate 파라미터는 LFO의 주파수를 의미하며 주파수가 높을수록 chorus 효과의 떨림이 빠르게 움직인다. chorusdepth는 코러스 효과로 생성된 음정의 움직임의 의미를 의미한다.

#### ④ phase vocoder 음향효과

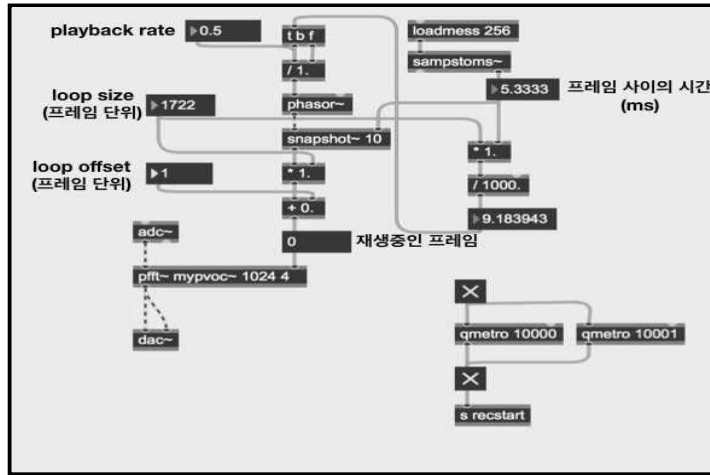
phase vocoder란 FFT(Fast Fourier Transform)<sup>25)</sup> 분석을 이용해 음원을 재조합하는 방식으로 실시간으로 버퍼에 저장된 사운드 샘플의 음정을 조절하거나 원본의 음정을 유지한 채 time-stretching<sup>26)</sup> 및 샘플의 손상 없이 음정을 높이거나 낮출 수 있는 소리 합성 효과이다. 이 효과의 장점은 음원의 속도를 변경하여도 음정의 변화나 소리의 왜곡이 없는 것이다. [그림-11]은 pfft~ mypvoc~오브젝트를 사용한 phase vocoder 패치이다.

---

24) 잃어버린 데이터를 추측으로 다시 채워 넣는 것

25) 함수의 근사 값을 계산하는 알고리즘이다. 푸리에변환에 근거하여 이산푸리에 변환(Discrete Fourier Transform)을 계산할 때 연산횟수를 줄일 수 있도록 고안되었다.

26) 샘플의 재생 시간을 변경하는 기능



[그림-11] pfft~mypvoc~를 이용한 phase vocoder 패치

입력되는 악기의 신호가 pfft~ mypvoc~로 입력되어 FFT 분석을 거친 후에 프레임 단위로 버퍼에 저장된다. playback rate 파라미터를 조절하여 분석된 사운드의 재생속도를 조절할 수 있다. 이번 작품에서는 phase vocoder를 활용해 granular synthesis에 보내는 음원의 재생속도를 조절하는 효과를 주었다.

### ⑤ 사운드 프로세싱 적용 방법 연구

연주법마다 배음과 서스테인이 다르고 멜로디나 화성을 연주할 때와 리듬 연주를 할 때의 효과적인 사운드 프로세싱은 서로 상이하다. 이를 위해 granular synthesis, delay, reverb, chorus, phase vocoder와 같은 음향효과들을 연주법의 특징에 맞게 적용하였다. 악기의 특징인 낮은 음역을 보완하기 위해 비교적 빠르지 않고 선율적인 구간의 연주에서는 granular synthesis의 grain pitch와 grain size를 활용하여 프로세싱하였다. 이를 delay와 reverb 효과를 활용하여 충분한 서스테인

레벨(sustain level)<sup>27)</sup>과 릴리즈 타임(release time)<sup>28)</sup>을 가진 음원으로 만들었다. 이를 통해 베이스 기타의 연주보다 상대적으로 높은 음역의 패드(pad)<sup>29)</sup> 사운드 효과를 구현할 수 있었다. 리듬을 강조하기 위해 선율보다 리듬의 비중이 높은 구간은 그 특징을 더 살릴 수 있도록 granular synthesis 효과의 grain size를 짧게 하고 delay 효과를 활용하였다. 또한 짧은 리듬에 음정이 계속 변화되는 효과의 제작을 위해 음정에 LFO 변조를 적용하여 입력되는 신호에 음정이 변화되는 효과를 만들었다. 또한 granular synthesis에 phase vocoder를 활용하여 음원의 속도를 조절시키거나 반대로 뒤집는 방법을 사용하기도 하였다.

---

27) 소리가 지속되는 음량 값

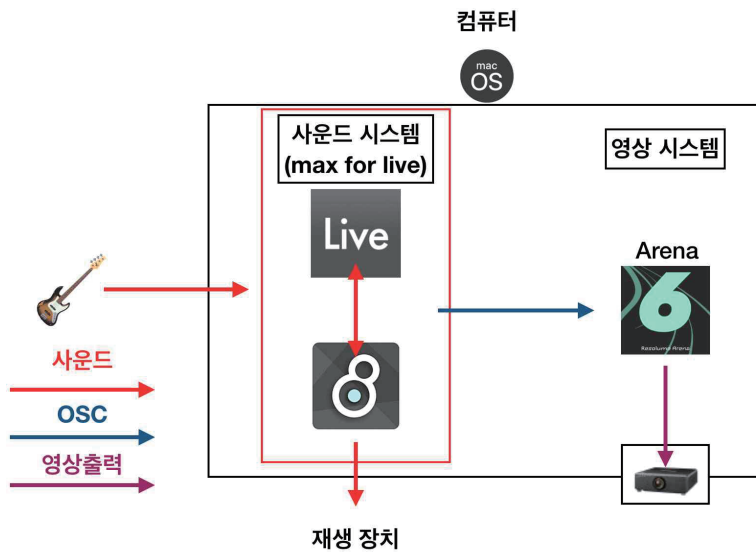
28) 소리가 사라지는데 까지 걸리는 시간

29) 신시사이저로 구현하는 오케스트라 현악기의 모방 소리로 지속적인 화성이 특징이다.

### 3. 영상 제작 연구

#### 1) 사운드 데이터 활용

음악과 영상이 인터랙션하는 멀티미디어음악 작품을 제작하기 위해 악기 연주와 프로세싱된 사운드의 데이터를 주고받을 수 있는 공연 시스템을 제작하였다. [그림-12]는 이번 작품에 사용된 공연 시스템 설계도이다.



[그림-12] 공연 시스템

영상은 사운드 파트에서 실시간으로 전송하는 음악의 음량 값과 악기의 어택(attack) 값에 의해 제어되었다. 음량 값은 소리의 신호를 피크 레벨(peak level)<sup>30)</sup>로 측정하였고 그 값의 범위는 scale오브젝트를

30) 레벨 미터(level meter)의 종류로 신호의 순간적인 레벨을 나타낸다.

사용하여 필요한 범위로 설정하였다. 어택 값은 upshot\_attackdetection오브젝트<sup>31)</sup>를 이용하여 오디오 신호를 입력받아 일정 수준 이상의 오디오 신호가 들어오면 1<sup>32)</sup>의 데이터를 보내 펄스(pulse)<sup>33)</sup> 음원을 재생하였고, 연주의 피크 레벨을 펄스 음원의 음량으로 적용하여 측정된 음량 값을 어택 값으로 사용하였다. [그림-13]은 음량 값과 어택 값을 활용하는데 사용된 패치이다.



[그림-13] 음량 값과 어택 값의 측정

- 
- 31) Max/MSP의 외부(external) 오브젝트로 package manager에서 다운받아 사용 가능하다.
  - 32) 컴퓨터에서 데이터는 0과 1로 존재하고 해당 패치에서 0은 off 1은 on의 기능으로 쓰인다
  - 33) 매우 짧은 시간동안 존재하는 강한 리듬



사운드 데이터는 OSC<sup>34)</sup>를 통해 Arena<sup>35)</sup>로 전송되었다. [그림-15]는 OSC를 사용하기 위해 제작한 패치 중 일부분이다. 작품에서는 한 대의 컴퓨터만 사용하였기 때문에 네트워크에서 자신의 컴퓨터를 의미하는 통신주소인 127.0.0.1를 udpsend오브젝트<sup>36)</sup>에 지정하고 전송하고자 하는 데이터의 포트 넘버를 Max와 Arena에서 6669로 지정하여 데이터를 전송하였다. 미리 범위가 설정된 데이터는 실시간으로 영상을 구성하는 파라미터와 영상의 효과를 실시간으로 변화시키는 데 사용하였다.

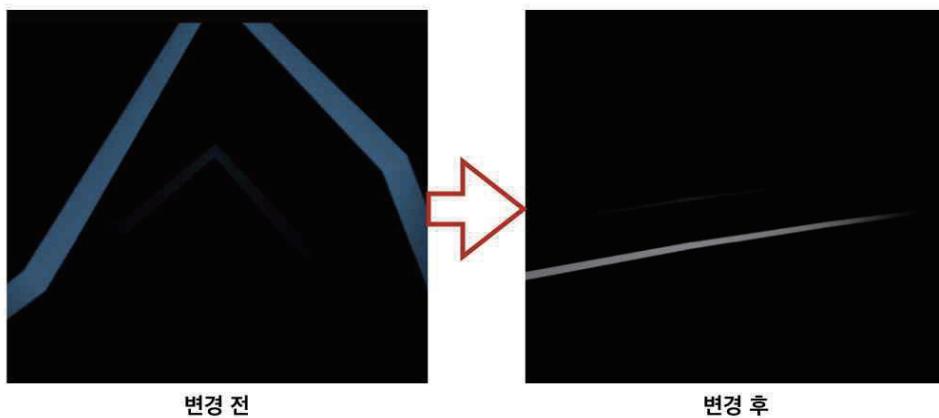


[그림-14] OSC 통신 패치

- 
- 34) open sound control의 약자로 사운드 장치를 네트워킹하기 위한 통신 프로토콜이다.
  - 35) Resolume에서 개발한 미디어 서버이자 라이브 영상의 재생, 편집이 자유로운 Vj 소프트웨어
  - 36) user datagram protocol의 약자인 udp를 송신하는 오브젝트로 네트워크를 통해 OSC 데이터를 송신한다.

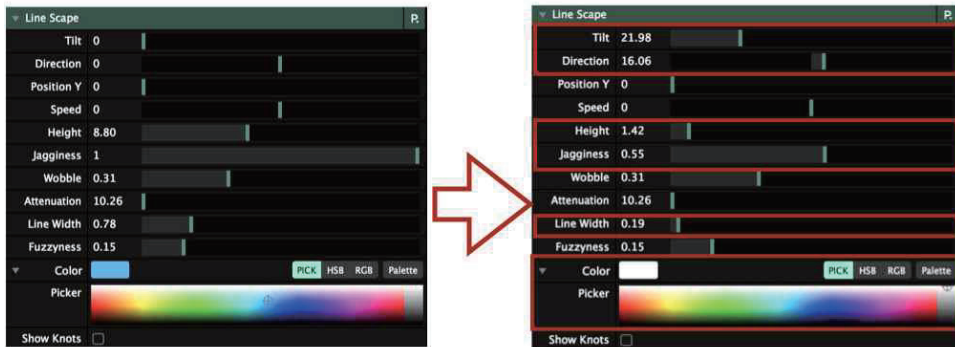
## 2) Arena를 이용한 영상 제작

베이스 기타의 저음과 현의 진동을 표현하는데 적합한 영상을 만들기 위해 Arena에서 총 8개의 영상을 제작하였다.



[그림-15] 영상-1에서 사용된 영상 예시

[그림-15]는 제작한 영상에 베이스 기타 연주의 데이터를 OSC 통신을 이용하여 인터랙션 시킨 전후 비교이다. 영상의 파라미터 중 기울기를 나타내는 tilt, 방향을 나타내는 direction, 움직임의 높낮이를 제한하는 height, 흔들림을 나타내는 jagginess, 선의 넓이를 나타내는 line width 등의 수치가 연주와 인터랙션하여 변화한다. [그림-16]은 [그림-15]의 변화를 위한 파라미터 변화이다.



변경 전

변경 후

[그림-16] 연주 데이터로 변화하는 영상 데이터

영상 제작에 추가로 활용한 외부 영상 효과들은 다음과 같이 정리된다.

[표-3] 영상별 적용 효과

영상	적용 효과
영상 1	edge detection
영상 2	exposure
영상 3	wave warp, infinite zoom
영상 4	goo, tile, wave warp
영상 5	fragment, goo, tile
영상 6	flip, fragment1, fragment2, goo
영상 7	noisy, particle system
영상 8	fragment, noisy, particle system, polarkaleido


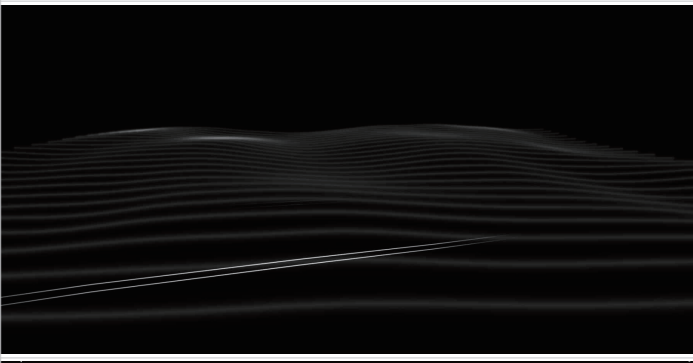
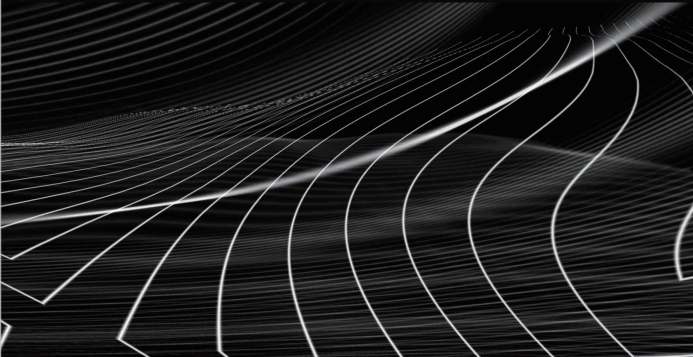
[표-3]에 언급된 영상별 적용 효과의 설명은 [표-4]로 정리한다.

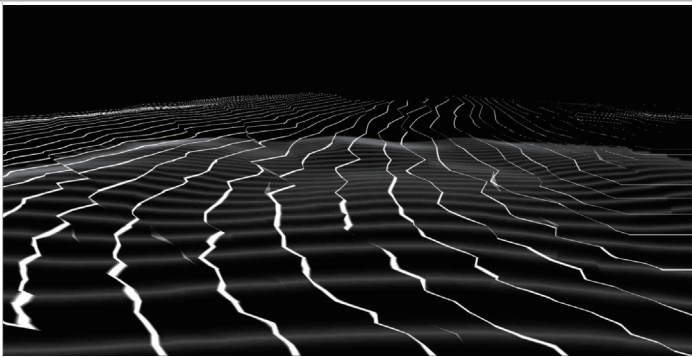
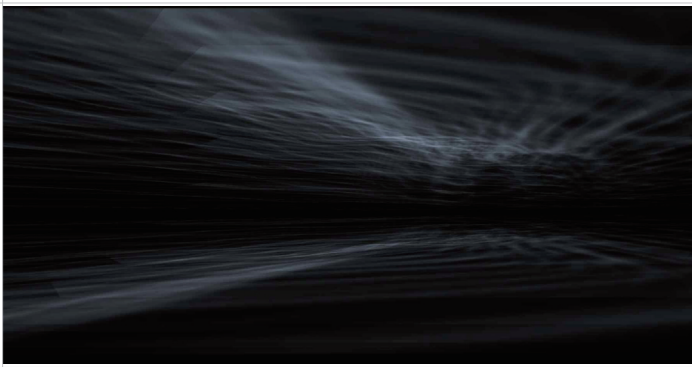
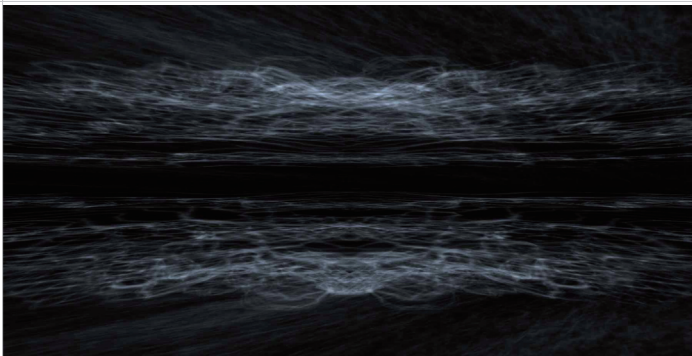
[표-4] 영상 효과 설명

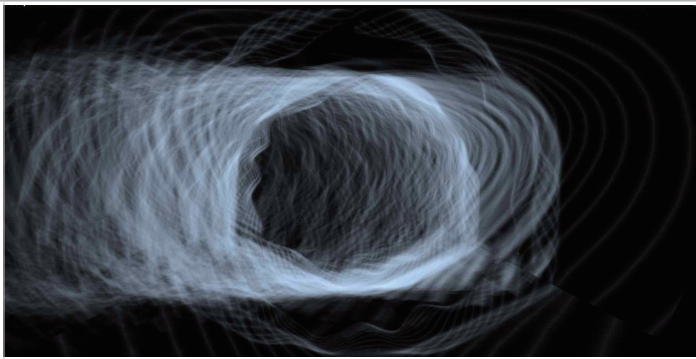
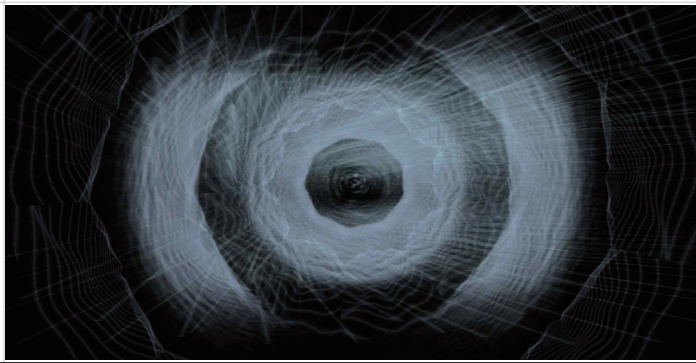
영상 효과	설명
edge detection	영상 속 객체의 윤곽선 검출
exposure	영상의 밝기 값 반전
flip	영상의 수평이나 수직 반전
fragment	영상을 이루는 요소를 파편화시켜 다른 요소로 재조합
goo	울렁임 효과
infinite zoom	지정한 구역의 요소를 확대시키는 효과
noisy	뿌옇게 만드는 효과
particle system	입자를 만들어 흐려지게 만드는 효과
polarkaleido	원형 모양으로 이미지를 왜곡하고 만화경 패턴을 만드는 효과
wave warp	물결치는 효과

많은 영상 효과는 각각의 영상에 개별적으로 적용 후 영상 효과의 데이터도 베이스 기타 연주에 반응 할 수 있도록 OSC 통신을 사용하여 연결해 주었다. 이렇게 제작한 총 8개의 영상을 정리하면 [표-5]와 같다.

[표-5] 영상 구성

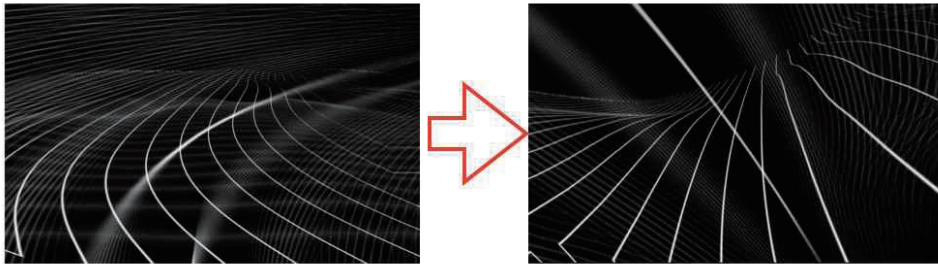
번호	영상
영상-1	
영상-2	
영상-3	

번호	영상
영상-4	
영상-5	
영상-6	

번호	영상
영상-7	
영상-8	

### 3) 사운드와 영상의 실시간 인터랙션 제작

작품 <Overcome>은 총 8개의 영상 중 5개의 영상에 OSC 통신을 이용한 인터랙션을 부여하였다. 그중 영상-3과 영상-4에서는 베이스 기타 연주의 어택 값을 사용하여 영상 효과의 인터랙션을 부여하였다. [그림-17]은 어택 값에 변화하는 wave wrap 영상 효과의 angle speed 값이 변화하면서 생기는 차이를 나타낸다.



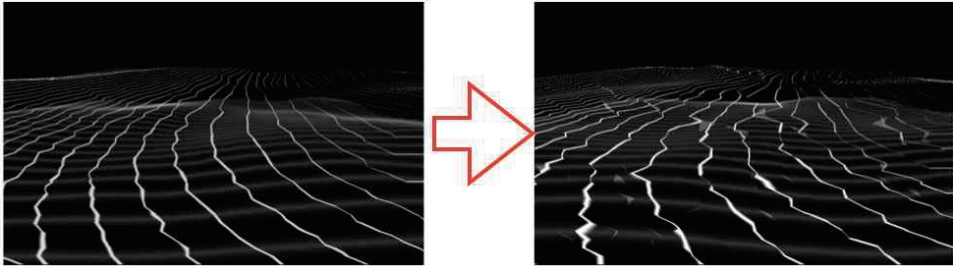
[그림-17] 연주의 어택 값에 변화하는 영상-3

영상-3에서는 베이스 기타 연주의 어택 데이터를 0부터 1까지의 범위로 지정하였다. 그러나 영상 4의 데이터는 최솟값을 0이 아닌 0.2의 오프셋(offset) 값으로 설정해 영상 효과가 상시로 적용되게 하여 영상 3과 같은 소스지만 차이점을 만들어내었다. [그림-18]은 영상-4의 어택 값이 goo 영상 효과의 max-distortion  $x^{37}$  파라미터로 적용되는 사진이다.

---

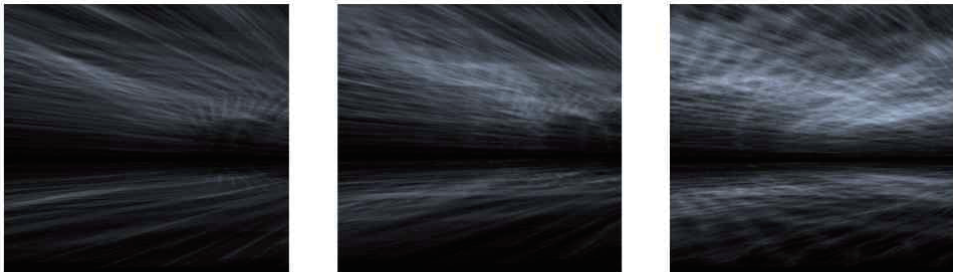
37) X축으로 울렁이는 왜곡 효과를 발생시키는 파라미터





[그림-18] 연주의 어택 값에 변화하는 goo 영상 효과

영상-5는 베이스 기타와 프로세싱된 사운드 전체의 음량 값을 영상에 적용하였다. 음량 값이 커질수록 선의 모양이 흔들리고 속도가 빨라진다. [그림-19]는 영상-5의 음량 값에 따라 변화하는 모습이다.

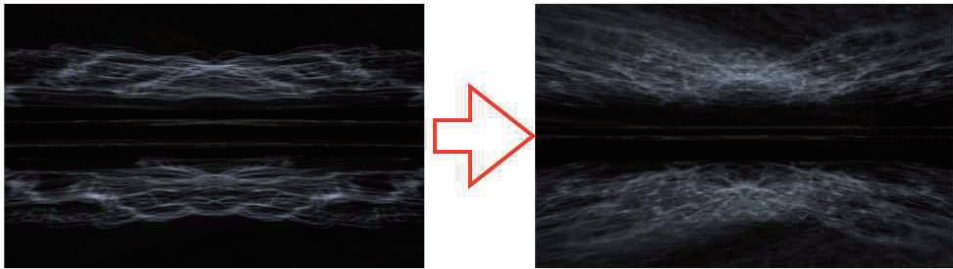


[그림-19] 음량 값에 변화하는 jaggiess

영상-6은 음량 값에 따라서 영상에 적용된 효과들의 opacity 파라미터가 변화하게 하였다. 이러한 방법은 영상에 적용된 개별 효과들이 각각 영상에 적용되는 양을 wet/dry<sup>38)</sup> 방식으로 조절하여

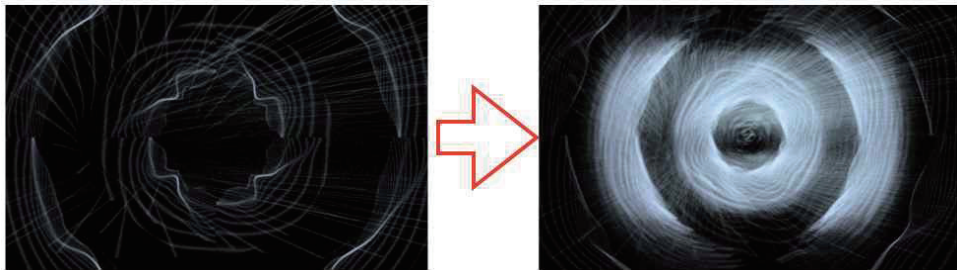
38) 원본과 효과의 비율을 나타낸다. dry가 높을수록 원본에 가깝다.

영상에 적용되는 효과의 전체적인 양을 조절하여 영상의 인터랙션을 만들어낸다. [그림-20]은 영상-6의 변화를 나타낸다.



[그림-20] 음량 값에 변화하는 fragment의 opacity

영상-8은 음량 값에 따라서 polarkaleido 효과의 angle과 parts 그리고 particle system의 opacity가 변화하여 영상의 인터랙션을 만든다. [그림-21]은 particle system의 opacity 변화를 나타내고 있다.

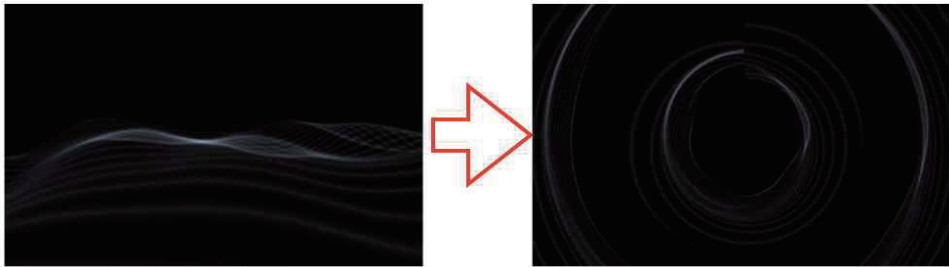


[그림-21] 음량 값에 변화하는 particle system의 opacity

음량 값이 크게 들어올수록 particle system의 효과가 강하게 적용되고 반대로 소리가 작아져 음량 값의 데이터가 작게 들어오면 opacity가 0이 되어 particle이 적용되지 않는다.

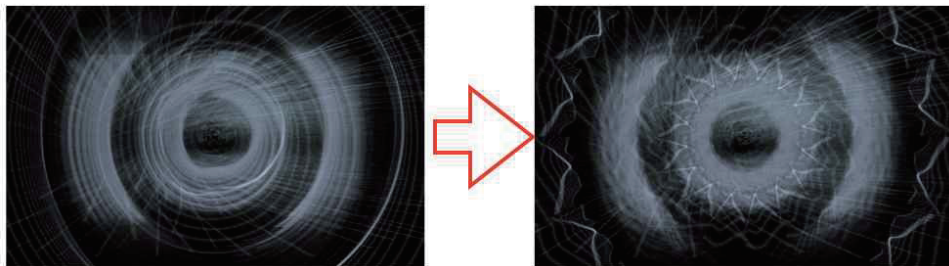
polarkaleido 효과는 [그림-22]와 같이 이미지를 원형으로 왜곡시켜

만화경 형태의 모양으로 만들어 주는 효과를 가지고 있다.



[그림-22] 영상-8에 적용된 polarkaleido 효과

왜곡된 영상 효과인 polarkaleido의 파라미터는 베이스 기타 연주와 사운드 프로세싱 전체의 음량 값 수치로 변화한다. 베이스 기타 연주의 데이터로만 변화하는 것이 아닌 음악 전체의 음량 값으로 변화되는 이유는 영상-8이 작품의 하이라이트이므로 그 변화는 작곡가가 연주하는 실시간 사운드 프로세싱과 함께 곡 전체의 구조를 반영하여 영상을 표현해야 하기 때문이다. [그림-23]은 polarkaleido의 변화를 나타낸다.



[그림-23] 음량 값에 의해 변화되는 polarkaleido 효과

## 4. 연구 기술의 작품 적용

베이스 기타의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한 멀티미디어음악 작품 <Overcome>은 2020년 12월 30일 동국대학교 혜화소극장에서 온라인으로 진행된 ‘SEEING SOUND LISTENING IMAGE(보는 소리, 듣는 영상) XVII’ 공연에서 초연되었다.

### 1) 작품 소개

작품 <Overcome>은 2020년 4월에 공개된 작품 <Self-feedback><sup>39)</sup>의 후속작으로 2019년도부터 2020년도 12월까지 지속된 사회 전체의 부정적인 사건들이 자기 의사와 무관하게 지속적으로 노출된 대중들이 가지는 내면의 우울감을 다루며 이를 극복하자는 의미를 가진 작품이다.

### 2) 작품 구성

작품 <Overcome>은 마단조(e minor)의 조성을 가진 곡으로 em의 원 코드(one chord)<sup>40)</sup> 진행으로 구성된다. 음악은 크게 A-B-C-D의 기본적인 형태의 구성을 가지고 있다.

A 파트 안에서는 다시 두 개의 파트로 구별된다. 첫 번째 파트는 음악의 시작과 함께 곡의 조성인 마단조의 으뜸음의 길이를 길게 연주해

---

39) 2020년 4월 22일 youtube를 통해 공개된 피아노와 Max/MSP의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한 작품으로 과도한 자기비판이 가져오는 부정적인 에너지에 집중한 작품이다.

40) 하나의 화성으로 곡 대부분을 진행하는 것을 말한다.

곡이 주는 전체적인 분위기를 조성하였다. 또한, 실시간 사운드 프로세싱을 통해 만든 패드 사운드로 베이스 기타의 연주와 함께 내면의 흐름을 표현하였다. 두 번째 파트는 스트로크 주법의 리듬으로 잔잔한 물결에 돌을 던진 것과 같은 파동 효과를 주었다. A 파트는 어택 값으로 영상-3을 인터랙션하여 스트로크 연주가 영상의 움직임을 강하게 표현하여 음악을 시각화하였다.

B 파트는 어택이 강한 슬랩 주법을 사용하였다. 앞부분의 연주는 서스테인과 릴리즈를 짧게 표현하고 여백을 많이 두어 긴장감을 만들어 내었다. 뒷부분에서는 이러한 긴장감이 만들어내는 내면의 동요를 강한 어택과 빠른 연주로 표현하였고 실시간 사운드 프로세싱으로 만든 소리는 베이스 기타보다 높은 주파수의 효과음을 연주해 위기가 만들어내는 긴장감과 혼란함을 표현하고자 하였다.

C 파트는 잔잔하게 시작하는 부분으로 긴 서스테인과 릴리즈를 가진 화성 연주를 실시간 사운드 프로세싱으로 높은 음역의 패드 사운드를 만들어 폭풍 뒤에 찾아오는 고요와 시련 뒤 나에게 남은 것은 무엇인가에 대한 긍정적인 질문을 표현하였다.

D 파트는 C 파트보다 발전된 형태로 화성과 선율 연주를 해머링<sup>41)</sup>, 폴링오프<sup>42)</sup> 연주법으로 연주하여 어택이 강하며 서스테인과 릴리즈가 짧은 음으로 리듬감 있게 연주하였다. 사운드 프로세싱은 리듬감 있는 연주를 돕는 파트와 앞에서 사용한 패드 사운드를 활용하여 C 파트와 비슷하지만 사운드 프로세싱을 활용한 약간의 긴장감을 조성하여 차이점을 두었다. 또한, 이를 통해 위기가 지나가고 성장한 나 또는 사회가 이를 통해 더 나아진 미래가 찾아올 것이라는 희망을 표현하며 음악을 마친다.

---

41) 운지를 하고 있는 상태에서 다른 손가락으로 같은 줄이나 다른 줄을 때려 소리를 내는 것이다.

42) 운지를 하고 있던 손을 빼서 소리를 낸다

[표-6]은 위에서 서술한 멀티미디어 음악작품 <Overcome>의 전체적인 구성을 표로 정리하였다.

[표-6] 작품<Overcome> 구성

파트	A-1	A-2	B	C	D
시간	00:00~ 00:48	00:48 ~01:47	01:47~03: 05	03:06~04:42	04:42~06:50
주법	핑거링, 하모닉스	스트로크	슬랩	코드 연주, 핑거링	핑거링, 해머링, 폴링오프
사운드 프로세싱	granular synthesis, phase vocoder, chorus, delay, reverb 모든 파트에 직렬 사용됨 (위와 별도로 개별 트랙에 chorus와 reverb 병렬 연결됨)				
의미	내면의 잔잔한 흐름	찾아온 위기의 전조	위기가 가져다주는 내면의 동요	폭풍 뒤에 찾아오는 고요  지나간 위기 속 남은 것	계속되는 삶 속에서 다가올 희망
영상	영상1  영상2	영상 3	영상4	영상5  영상6 영상7	영상8

### 3) 연구 기술의 적용

#### ① A 파트 적용 효과

A-1 파트는 베이스 기타의 단선율과 저음을 보완하기 위해 패드 사운드를 제작하였다. granular synthesis의 grain pitch 파라미터를 한 옥타브 올려 사용해 높은음을 보강하였고 긴 길이의 사운드를 구현하기 위해 grain size의 파라미터를 20000ms로 설정하여 그 길이를 길게 하고, 프로세싱된 사운드를 다시 reverb 효과와 delay 효과를 직렬로 연결하여 매우 긴 서스테인 레벨을 가진 소리를 만들었다. [그림-24]와 같이 Arena에서 재생하는 영상을 통해 베이스의 단선율과 내면의 흐름을 표현하였다.



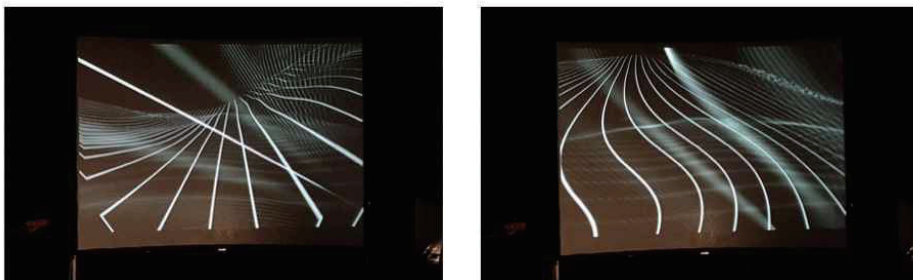
[그림-24] A-1 파트의 영상-1과 영상-2

A-2 파트는 단선율의 핑거링 주법에서부터, 리듬감 있게 연주하는 스트로크 주법으로 이를 통해 위기의 전조를 느끼고 흔들리는 내면을

표현하였다. A-1에서 사용하였던 pad 사운드에 새로운 granular synthesis 효과와 delay 효과를 주고 그 피드백 양을 0.89만큼 설정하였다. 이를 통해 스트로크 연주로 잔잔한 선들의 물결에 일어난 파동을 표현하였다.

phase vocoder를 이용해 재생속도를 늦춘 음원을 또다른 granular synthesis에 적용하였다. 이 granular synthesis의 파라미터인 grain pitch 값에 0.5Hz의 비율로 무작위 엔벨로프의 모양을 가진 모듈레이션을 적용하였고 변화되는 음정의 스케일은 옥타브 단위로 설정하였다. 이러한 효과로 약간 불안정한 음정의 granular synthesis의 효과를 사용함으로 곡의 긴장감을 만들어 다가올 위기에 대한 암시를 표현하였다.

영상에서 베이스 기타의 전체적인 이미지는 선으로 표현하였으며 wave wrap 효과의 angle speed 값의 변화를 이용해 스트로크의 리듬을 표현하였다. [그림-25]는 스트로크 연주의 어택 값에 반응하는 wave wrap 효과의 변화 모습이다.



[그림-25] 스트로크 연주에 변화하는 영상 효과



[표-7]을 통해 A-1, A-2 파트에 적용된 사운드 프로세싱과 영상 효과를 정리하였다.

[표-7] A-1, A-2파트에 적용된 프로세싱 및 영상 효과

파트	A-1	A-2
시간	00:00~00:48	00:48~01:47
영상	영상1~영상2	영상3
사운드 프로세싱	granular synthesis 1 (grain ptich = 2) (grain size = 20000) delay(stereo) reverb	granular synthesis 2 (grain pitch = 1) delay(stereo)(delay time = 375, feedback = 0.89)  phase vocoder (playback rate = 0.75), granular synthesis 3 (grain pitch = 1, modulation 0.5Hz) chorus(rate = 0Hz~0.15Hz) reverb
영상 효과	edge detection exposure	wave warp infinite zoom

## ② B 파트 적용 효과

전체적인 분위기의 반전과 함께 강한 어택의 주법으로 연주되며 연주의 속도도 점차 빠르게 변화한다. 영상도 연주의 어택에 맞춰 선의 모양이 왜곡된다. 또한, 시간이 지나 연주가 고조될수록 goo 영상 효과의 파라미터 수치를 변화시켜 혼란함을 표현하였다.

두 개의 granular synthesis로 표현된 사운드는 음정의 불안함을 만들어주는 granular synthesis와, grain의 변화를 ping pong delay<sup>43)</sup>를 이용해 음정의 변화가 좌우로 들리는 소리로 시각화하여 긴장감과 내면의 동요를 표현하는데 활용하였다. [그림-26]은 연주의 앰프 값과 연주 시간에 따라 변화하는 영상 효과가 적용된 공연 실황이다. goo 효과에 의해 영상이 변화하면 선이 좌우로 왜곡되어 ping pong delay 효과와 어울리는 영상 효과로 적용되었다.



[그림-26] 시간과 어택 값에 따라 변화하는 영상의 효과

43) 음원이 스피커의 양쪽을 일정한 속도로 번갈아 이동하는 효과

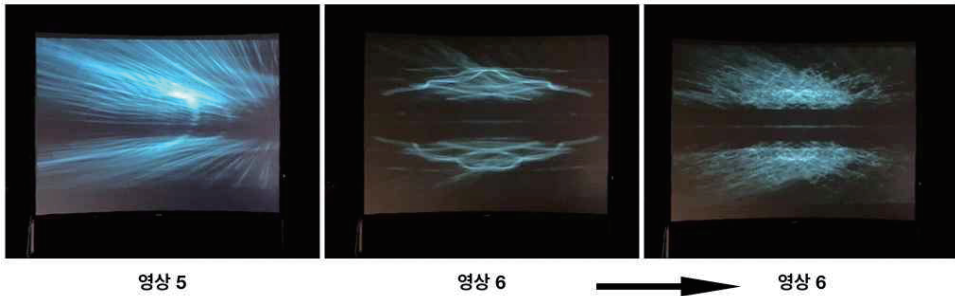
[표-8] B 파트에 적용된 프로세싱 및 영상 효과

파트	B
시간	01:47~03:05
영상	영상 4
사운드 프로세싱	phase vocoder (playback rate = 0.75) granular synthesis 3 (grain pitch = 1, pitch의 modulation 0.5Hz) chorus(rate = 0Hz~0.15Hz) reverb
	phase vocoder (plaback rate = 0.5~0.75) granular synthesis 4 (grain pitch =1, 샘플링 주기 = 0.61ms~ 314ms) chorus(rate = 0~0.9, depth = 0~1, feedback 0.5~0.7) delay(ping pong) (delay time = 0.485 feedback = 0.6~0.8)
영상 효과	goo, tile, wave warp

### ③ C 파트 적용 효과

C 파트에서 주로 사용된 프로세싱 사운드는 A 파트에서 사용된 패드 사운드인 garnular synthesis 1이다. 높은 음의 화성인 패드 사운드는 B 파트에서 만들어낸 긴장감을 해소시키고 듣기 편한 소리를 만들어 내며 C 파트를 전체적으로 구성한다.

[그림-27]은 C 파트에서 사용된 영상의 공연 모습이다. 영상-5는 B파트의 왜곡된 이미지와 대비시키기 위해 이펙트를 과도하게 사용하지 않은 영상을 만들었다. 이를 통해 감상하기 편한 영상을 만들고자 하였고 사운드의 앰프 값이 커질수록 선의 움직임이 빨라지게 만들어 음악과 영상의 인터랙션을 적용해 보는 것과 듣는 것의 통일감을 주었다. 영상-6은 C 파트의 중반부 이후부터 나오는 A 파트, B 파트에서 사용되었던 음악의 프로세싱이 다시 등장하여, 음악에서의 긴장감을 영상에서 다시 표현하였다.



[그림-27] C 파트에서 적용된 영상

[표-9] C 파트에 적용된 프로세싱 및 영상 효과

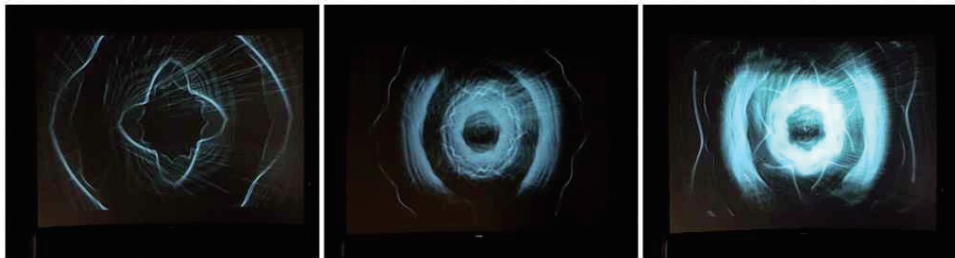
파트	C
시간	03:06~04:42
영상	영상 5, 영상 6, 영상 7
주로 사용된 사운드 프로세싱	granular synthesis 1 (grain ptich = 2) (grain size = 20000) delay(stereo) reverb
영상 효과	flip, fragment, goo, tile, noisy, particle system

#### ④ D 파트 적용 효과

D 파트에서는 앞에서 적용한 모든 사운드 프로세싱이 적용되었고 [표-7]과 [표-8]에서 기술된 파라미터 범위 내에서 베이스 기타 연주자의 연주를 들으며 실시간으로 음향효과의 파라미터 값을 변경하여 실시간으로 조절과 믹스를 하였다.

A 파트와 C 파트에서 표현한 편안함과 B 파트에서 표현한 불안함은 D 파트에서 모두 합쳐져 알 수 없는 미래에 대한 기대감과 불안감을 가지고 계속되는 삶에서 찾아올 희망이라는 의미를 표현하였다. 알 수 없는 불안의 표현은 영상-7에서 사용된 noisy와 particle system 영상 효과를 이용해 표현하였다. 영상-8에서는 polarkaleido의 만화경 효과를

이용해 불안을 통해 다른 방향에서 희망을 볼 수 있다는 의미를 표현하였다. [그림-28]은 D 파트에서 사용된 영상의 적용을 볼 수 있다. 영상-8은 앰프 값이 커질수록 fragment효과의 opacity와 polarkaleido 효과의 parts가 커지고 그로 인해 영상의 모습이 화려해져 희망을 표현하고자 하였다.



영상 8의 변화



[그림-28] 음량 값에 따라 변화하는 영상 효과

[표-10] D 파트에 적용된 프로세싱 및 영상 효과

파트	D
시간	03:06~06:50
영상	영상 7, 영상 8
사운드 프로세싱	파트 A, B, C 동일
영상 효과	fragment, noisy, particle system, polarkaleido

### Ⅲ. 결 론

본 연구는 기존에 컴퓨터 음악 분야가 가지고 있던 대중과의 거리감을 해소하는 것과 동시에 컴퓨터 음악만이 할 수 있는 실시간 사운드 프로세싱과 음악에 인터랙션하는 영상의 제작으로, 베이스 기타를 활용한 멀티미디어음악 작품 제작을 통해 대중의 컴퓨터 음악 감상을 더욱 쉽게 만들고자 하였다.

Max for Live를 활용한 실시간 사운드 프로세싱을 연구하고 granular synthesis에 reverb와 chorus, delay, phase vocoder등의 여러 가지 음향효과를 적용하여 베이스 기타에서 자연적으로 발생할 수 없는 사운드를 만들어 음향적으로 적용하여 악기가 가지고 있는 물리적인 한계를 벗어난 새로운 음향 예술적 표현을 할 수 있었다.

영상 또한 Arena를 이용하여 실시간으로 표현되며 영상의 파라미터와 영상 효과의 변화는 음악이 표현하고자 하는 것을 시각화 하여 작품의 이해를 돕게 하였다. OSC 통신으로 전송되는 데이터는 Arena에서 영상의 파라미터와 영상 효과에 실시간으로 반응하여 음악과 영상이 인터랙션할 수 있었다. 그로 인해 작품의 이해를 도울 수 있는 직관적인 인터랙션을 만들어 낼 수 있었다.

<Overcome>에서 음악의 시각화를 위해 사용한 베이스 기타의 데이터는 연주의 어택 값과 음량 값이 사용되었다. 이는 영상과의 인터랙션 및 시각화에 무리 없이 적용이 가능하였다. 그러나 음악에서 음량 값과 어택 값을 제외하여도 활용 할 수 있는 데이터는 다양하다. 따라서 차후에 멀티미디어음악 작품을 연구하고 그에 따른 음악의 시각화 방법을 고안하고자 한다면 보다 많은 데이터를 활용하여 작품을 더 개성적이고 다채로운 방법으로 구성할 수 있을 것이다.

Keyword(검색어):

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

E-mail: kisu1061@gmail.com



## 참 고 문 헌

### 1. 단행본

- David J. Benson, 「MUSIC: A Mathematical offering」, (Cambridge University Press, 2007)
- Curtis Roads, 「The Computer Music Tutorial」, (MIT Press, 1966)
- Charles Dodge, Thomas A. Jerse, 「Computer Music: synthesis, composition and performance, Second Edition」, (Schirmer Books, 1997)
- 김영민, 「사운드 디자인을 위한 맥스」, (Real Lies Media, 2017)
- 김정아 「미디어 음악」, (커뮤니케이션북스, 2013)
- 이석원, 「음악음향학」, (심설당, 2003)
- 장인석 「음향입문」, (SRMUSIC, 2012)

### 2. 참고논문

- 오아영, 「하모니카 연주의 실시간 사운드 프로세싱과 LED를 이용한 멀티미디어 작품 제작 연구」, (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2020)
- 이도경, 「피아노 연주를 통한 실시간 오디오-비주얼 작품 제작 연구」

(동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2018)

- 이보강, 「피아노의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한 인터랙티브 멀티미디어 퍼포먼스 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2018)
- 정현철, 「클라리넷과 피아노의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한 멀티미디어음악 작품 연구」, (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2020)
- 조환희, 「베이스 트롬본과 피아노의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한 멀티미디어작품 제작 연구」, (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2019)
- 한승욱, 「피아노의 실시간 프로세싱을 이용한 멀티미디어음악 제작 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2018)

### 3. 웹사이트

- Arena  
<https://resolume.com/>
- Max  
<https://cycling74.com>

## ABSTRACT

# A Study on The System Design of Multimedia Musical Art Work using Real-Time Sound Processing from Bass Guitar (focus on multimedia music <Overcome>)

Lee, Do Hee

Multimedia music is a combination of technology and art, and art can be expressed in the aesthetic sense of the artist's individual and reconstructed in various forms based on aesthetic value. Technology creates a new media genre as a means of expressing this form of art over time. Multimedia is constantly evolving, such as interactive media art, in which music and images are newly changed according to changes or reactions in the surrounding environment, from the traditional way of composing music for a given video or scene as it becomes possible to visualize sounds that were previously impossible.

Studying on the production of multimedia music works using real-time sound processing of bass guitar performances. By producing video that interacts with real-time sound processing that can only be done by computer music at the same time as bridging the gap with the public

in the field of computer music, multimedia music is intended to produce intuitive interactive multimedia music works that make it easier to appreciate the public.

For Real-time sound processing, Max for Live which is part of the Max/MSP with produced tape music uses and various sound effects such as reverb, chorus, delay, phase vector is applied to granular synthesis in a series to create sound that could not naturally occur in the bass guitar. This allowed new acoustic and artistic expressions beyond the physical limitations of the instrument.

The visualized video is also produced in real time through Arena which can be changing in the parameters and image effects of the video visualized what the music wanted to express to help understand the work. The Arena application also using the data transmitted by OSC protocol can be able to create intuitive interactions from made music and video interactions felt by the audience and helped them understand the work by responding in real time to images and effects.

The multimedia music <<Overcome>> was used of the bass guitar's attack and volume data of the performance. This could be applied to interactions and visualizations with images without strain. However, there is still a wide variety of data available in music, as well for volume and attack, as to study multimedia music in the future and come up with a visualization method of music, can use more data to organize the work in more individual and colorful ways and deliver the messages contained in the work in it in various ways.

## 부록-1 : 첨부 DVD 설명

1. Overcome\_video : 2020년 12월 30일 공연 영상
2. Overcome\_Max for Live : 작품에 사용된 Max for Live 폴더