



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](#)

석 사 학 위 작 품

피아노 연주의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한  
멀티미디어음악 작품 제작 연구  
(멀티미디어음악 작품 <Healing Star>를 중심으로)

지도교수 김 준

동국대학교 영상대학원  
멀티미디어학과 컴퓨터음악전공  
정 우 적  
2 0 2 1

석사학위작품

피아노 연주의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한  
멀티미디어음악 작품 제작 연구  
(멀티미디어음악 작품 <Healing Star>를 중심으로)

정우적

지도교수 김 준

이 논문을 석사학위작품으로 제출함  
2021년 6월

정우적의 디자인학 석사학위 작품을 인준함  
2021년 7월

위원장 정 진 현



위원 김 정 호



위원 김 준



동국대학교 영상대학원

## 목 차

I. 서론	1
1. 연구 배경 및 목적	1
2. 소리 시각화 사례 연구	2
II. 본론	3
1. 멀티미디어음악 작품 설계	3
1) Sound 구성	3
① 사운드 시스템	3
가. A 파트	4
나. B 파트	9
다. C 파트	11
② TouchOSC를 이용한 OSC 응용	12
2) Visual 구성	13
① 영상 시스템	14
② After Effect를 사용하는 영상의 제작	15
③ OSC 통신	15
④ 영상의 인터랙션	16
가. 영상 1	18
나. 영상 2	19
다. 영상 3	19
라. 영상 4	20
마. 영상 5	20
2. 멀티미디어음악 작품 <Healing Star>	21

1) 작품 소개 .....	21
① 음악 .....	21
② 영상 .....	22
③ 공연시스템 .....	24
2) 작품에서 적용된 기술 .....	25
① A 파트 .....	25
② B 파트 .....	26
③ C 파트 .....	27
III. 결론 .....	29
참 고 문 헌 .....	31
ABSTRACT .....	33
부록-1 : <Healing Star> 악보 .....	34
부록-2 : 첨부 DVD .....	40

## 표 목 차

<표-1> 작 품에 표현된 사운드 효과 .....	4
<표-2> mungger~의 각 파라미터의 의미 .....	6
<표-3> grain pitch 파라미터 값의 그에 따른 음정 .....	6
<표-4> 각 파트의 영상 이미지 .....	13
<표-5> 음 악과 인터랙션이 있는 영상 이미지 .....	17
<표-6> 음 악의 구성 .....	21
<표-7> 표 현 내용 .....	23
<표-8> A 파 트의 구성 .....	25
<표-9> B 파 트의 구성 .....	26
<표-10> C 파트의 구성 .....	27

## 그 립 목 차

[그림-1] 작품 <Reflektor Distortion> .....	2
[그림-2] reverb 음향효과 Max 패치 .....	5
[그림-3] granular synthesis 음향효과 패치 .....	5
[그림-4] Delay 음향효과 Max 패치 .....	7
[그림-5] phase vocoder 음향효과 Max 패치 .....	8
[그림-6] 작품 A파트의 사운드 시스템 .....	9
[그림-7] combfilter 구현한 Max 패치 .....	9
[그림-8] phase vocoder와 xover~오브젝트를 사용하는 Max 패치 ..	10
[그림-9] 작품 B 파트의 사운드 시스템 .....	11

[그림-10] TouchOSC의 Max 패치 .....	12
[그림-11] Touch OSC 설치 패치 .....	12
[그림-12] 영상 시스템 .....	14
[그림-13] After Effect 영상제작 .....	15
[그림-14] OSC통신 메뉴 .....	16
[그림-15] OSC통신 의 Max 패치 .....	16
[그림-16] 영상 이미지1의 인터랙션 .....	18
[그림-17] 영상 이미지2의 인터랙션 .....	19
[그림-18] 영상 이미지3의 인터랙션 .....	19
[그림-19] 영상 이미지4의 인터랙션 .....	20
[그림-20] 영상 이미지5의 인터랙션 .....	20
[그림-21] 공연 시스템 .....	24
[그림-22] A 파트의 공연 촬영 영상 캡처 .....	26
[그림-23] B 파트의 공연 촬영 영상 캡처 .....	27
[그림-24] C 파트의 공연 촬영 영상 캡처 .....	28

# I. 서론

## 1. 연구 배경 및 목적

21세기 후에 과학 기술의 급속한 발전과 인간 사회의 발전에 따라 미디어와 융합되어 멀티미디어도 함께 급속하게 발전되었다. 수많은 매체가 아날로그에서 디지털로 대체되었고, 그에 따라 정보의 획득 방식이 과거보다 다양해졌다. 사람들은 컴퓨터를 보다 쉽게 사용할 수 있게 되므로 텍스트, 오디오, 사진, 동영상 등의 정보를 간편하게 획득할 수 있으며 전 세계의 멀티미디어 콘텐츠를 손쉽게 접근할 수 있게 되었다.

본 연구에서 피아노 연주의 실시간 사운드 프로세싱을 통하여 음악을 청각적으로 전달하고, 사운드와 어우러진 이미지를 시각적으로 보여주었다. 오디오와 비디오라는 두 가지 멀티미디어 콘텐츠를 활용하여 시각과 청각을 결합하여 이 작품을 제작하였고 시·청각적인 멀티미디어 예술 경험의 전달을 목적으로 하였다.

---

1) 디지털화된 문자, 음성, 그림 등의 서로 다른 정보 전달의 수단들이 통합된 것으로 다양한 정보기기를 통하여 많은 매체들이 생산, 유통, 소비된다.



## 2. 소리 시각화 사례 연구

“소리시각화“라는 것은 음악과 영상이나 이미지를 결합하는 새로운 시대의 예술이다. 이러한 예술은 음악을 기반으로 이미지를 생성한다. 청각과 시각을 활용하는 멀티미디어 작품은 다양하다.

작품 <Reflektor Distortion>은 2016년에 아티스트 Carsten Nicolai가 제작한 작품이다. 흰색인 빛을 물에 반사되게 비추고, 물에 낮은 주파수를 재생하여 낮은 주파수 파장으로 인해 물이 흔들리며 동시에 반사되는 모양이 변함으로 소리를 볼 수 있게 만든 작품이다. [그림-1]은 작품 이미지이다.



[그림-1] 작품 <Reflektor Distortion>

## II. 본론

### 1. 멀티미디어음악 작품 설계

음악작품의 시각화는 소리를 분석하는 것부터 시작하였다. 사운드와 어우러진 이미지를 정하기 때문이다. 따라서 이 작품을 어떤 형식으로 표현할지, 어떻게 시각화가 될지, 이미지 및 작품 전체적인 주제가 어떠한지는 후반의 창작과 작업에 큰 영향을 준다. 본 연구에서 작품 <Healing Star>의 음악과 영상의 전체적인 시스템, 작품 내용 및 사용하는 기술에 대해 서술한다.

#### 1) Sound 구성

##### ①사운드 시스템

악기는 피아노 한 대만 쓰였지만 감상자에게 다양한 음향효과를 만들어내기 위해 사운드 프로세싱을 활용하였다. 그러한 프로세싱 사운드를 만들기 위해 각 악기가 가진 특징 및 주법에 대해 분석하고 응용하였다. 모든 사운드 시스템은 Max<sup>2)</sup>로 만들었다.

작품 <Healing Star>는 피아노 솔로 연주와 잘 어우러지는 실시간 프로세싱 사운드가 가미된 음악이다. 다음 <표-1>에서 표현하고자 하는 사운드 효과를 정리해 보았다.

---

2) Cycling'74에서 개발한 소프트웨어로 음악과 멀티미디어를 위한 개발 환경을 제공하는 프로그램이다. 데이터의 연산처리 및 프로그래밍이 가능한 Max와 음향신호 및 MIDI데이터 처리가 가능한 MSP로 나누어진다.

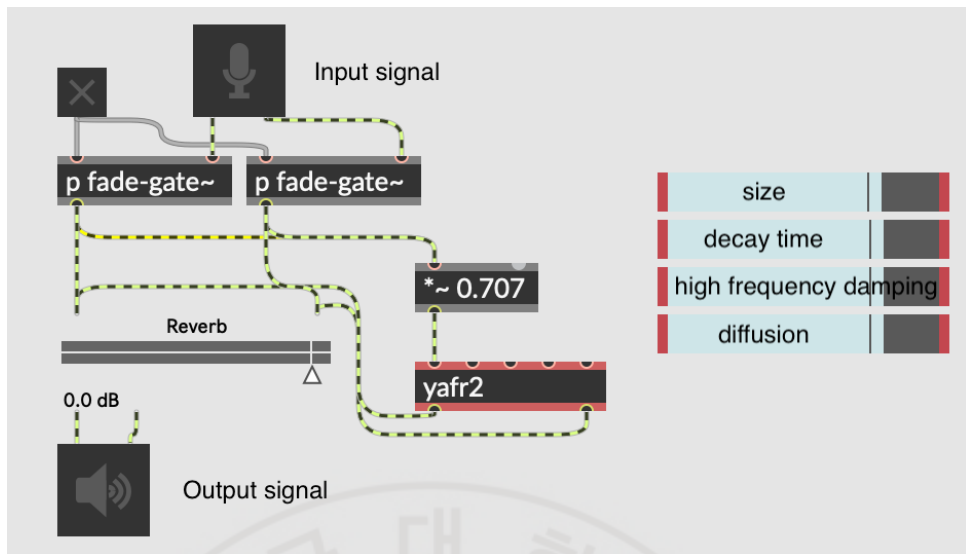
파트	이미지	사운드 효과
A 파트	물질의 존재 및 움직임	피아노의 솔로 및 어우러진 효과음
B 파트	물질의 응집	피아노와 어우러진 저음역대 소리
C 파트	물질의 흐름 및 사라짐	저음역대와 고음역대 교착되는 긴 지속성인 소리

<표-1> 작품에 표현된 사운드 효과

## 가. A 파트

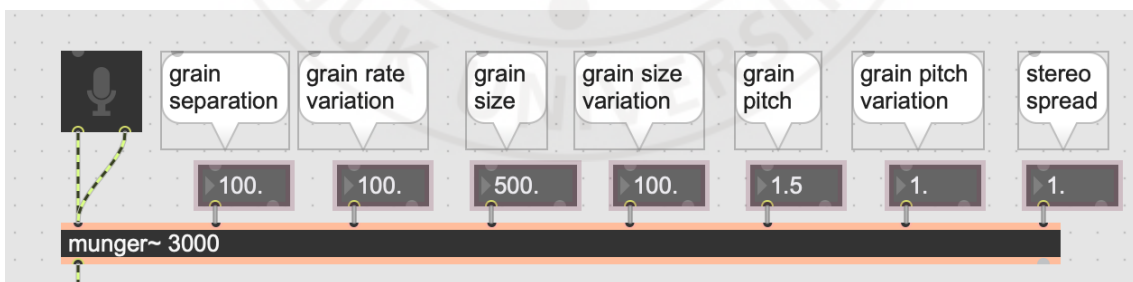
작품 <Healing Star>의 A 파트는 피아노 솔로와 프로세싱 사운드가 함께 합주되는 부분이다. A 파트 전체는 피아노 멜로디를 핵심으로 연주하고 사운드 프로세싱이 서포트 해주는 파트이다. 앞 부분은 피아노 소리와 프로세싱 사운드가 교차하여 나오며, 이는 별이 쓸쓸하게 존재하는 느낌을 표현하기 때문이다. 중간 부분부터는 피아노 멜로디 중심으로 시작하였다. [그림-2]은 Max를 사용하여 만든 reverb<sup>3)</sup>의 패치이다. 각 모듈은 size(공간의 크기), decay time(감쇄시간), high frequency damping(고주파대역 소리의 강도), diffusion(소리의 발산)으로 구성되고, 이 파라미터들의 조정을 통하여 피아노 소리에 공간감을 풍부하게 더할 수 있다.

3) 소리가 지속해서 반복되고 시간이 지남에 따라 간격이 매우 좁아지고 그 레벨이 감소하는 현상이다.



[그림-2] reverb 음향효과 Max 패치

[그림-3]는 Max에서 사용할 수 있는 granular synthesis<sup>4)</sup>의 패치이다. granular synthesis란 입력되는 사운드를 작은 크기의 grain(샘플조각)으로 나누어 미세하게 재조합 및 가공하는 소리의 합성방식이다.



[그림-3] granular synthesis 음향효과 패치

4) 입력되는 사운드를 작은 샘플 조각으로 나누어 재조합하는 소리 합성방식이다.

munger~오브젝트의 각 파라미터의 의미는 아래 <표-2>와 같다.

이름	기능
grain separation	샘플 조각의 간격
grain rate variation	샘플 조각 간격이 변화하는 값
grain size	샘플 조각의 크기
grain size variation	샘플 조각 크기의 변화하는 값
grain pitch	샘플 조각의 음정
grain pitch variation	샘플 조각 음정이 변화하는 값
stereo spread	샘플 음들의 스테레오 이미지의 정도

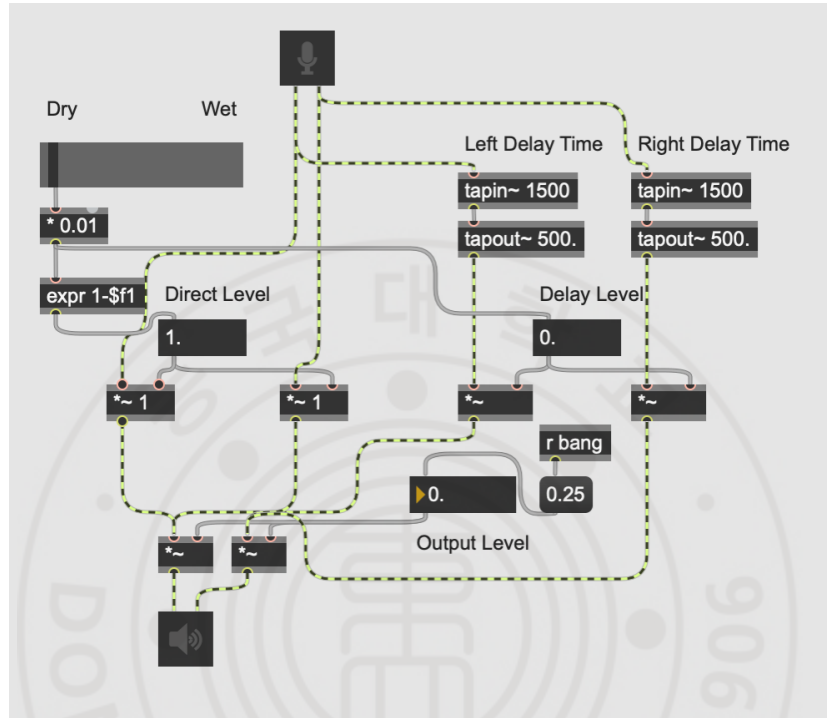
<표-2> munger~의 각 파라미터의 의미

<표-3>에서 grain pitch 파라미터 값의 따른 음정의 변화를 정리하였다.

파라미터 값	음정
$2^{-n}$	n옥타브 아래
$2^{-1(0.5)}$	한 옥타브 아래
$2^n$	n옥타브 위
$2^{0(1)}$	원음의 음정
$2^1$	한 옥타브 위

<표-3> grain pitch 파라미터 값의 따른 음정

delay<sup>5)</sup>란 음향 신호를 지연시키는 효과이다. Max에서 tapin~오브젝트와 tapout~오브젝트를 활용하여 만들 수 있다. [그림-4]는 Max를 사용한 delay 패치이다.

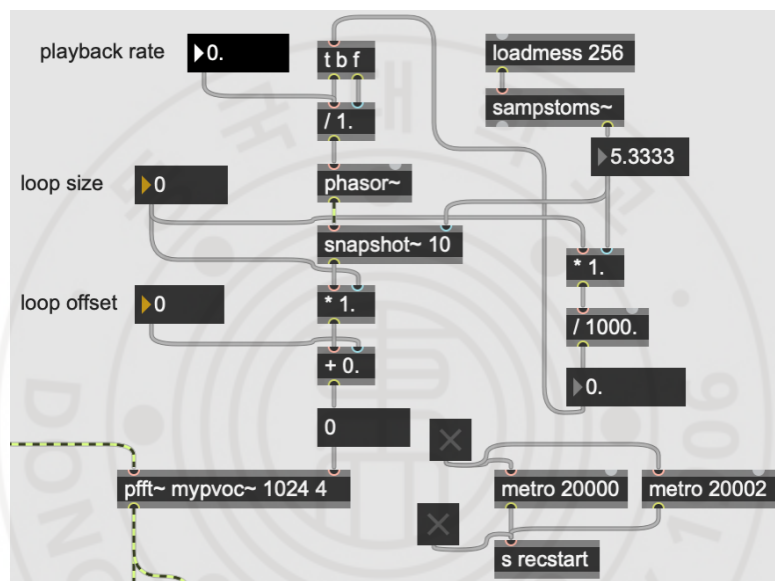


[그림-4] Delay 음향효과 Max 패치

tapin~오브젝트는 입력되는 오디오 신호를 저장하고 연속적으로 업데이트를 하는 역할을 하며 tapout~오브젝트와 연결되어 사용자가 지정한 딜레이 타임에 맞춰 사운드를 재생한다. 양쪽 신호의 딜레이 타임을 다르게 해주어 스테레오 딜레이 효과를 만들 수 있다.

5) 입력되는 사운드와 그를 녹음하여 저장한 후에 반복하여 나는 사운드 사이의 시간 간격이 가진 음향효과이다.

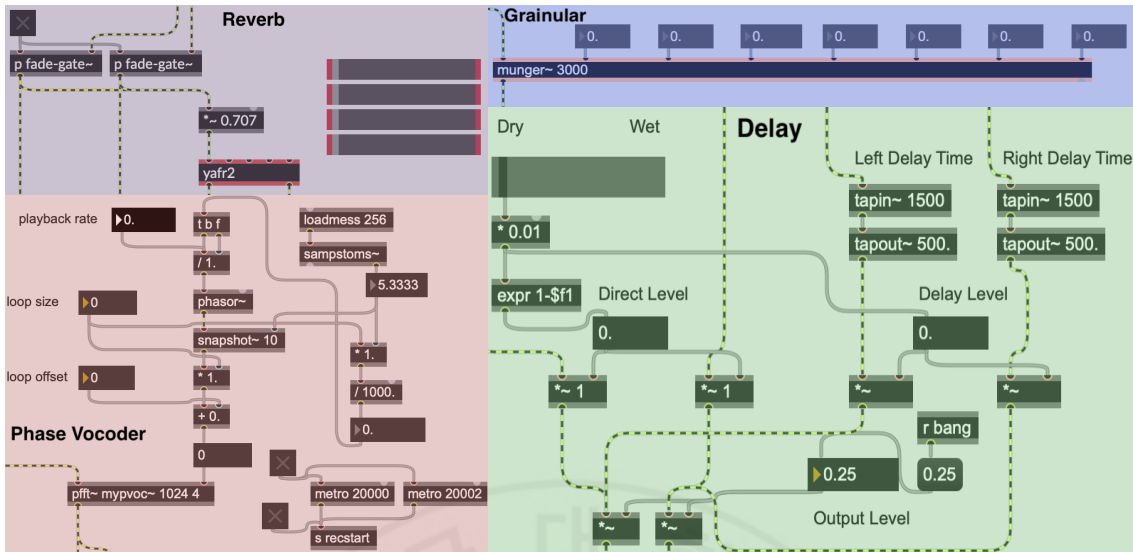
phase vocoder란 음원을 FFT<sup>6)</sup>분석을 통해 재조합하는 방식으로, 샘플 음원의 높낮이를 조정하거나 샘플 음원의 음높이를 함께 유지하면서 그 길이를 조정할 수 있는 소리 합성법을 말한다. [그림-5]는 phase vocoder의 Max 패치이다. pfft~ mypvoc~오브젝트는 FFT분석을 통해 얻어진 데이터를 저장하고, 저장된 데이터를 프레임(frame) 단위로 읽어 소리를 재생한다.



[그림-5] phase vocoder 음향효과 Max 패치

[그림-6]는 작품 A 파트에서 사용한 사운드 프로세싱 시스템이다. 입력되는 사운드에 리버브 효과가 더하여진다. 리버브를 통해서 피아노 솔로 연주의 공간감을 만들 수 있다. 피아노 소리는 granular synthesis를 통하여 고음을 만들고 그 뒤에는 페닝, 딜레이 그리고 리버브를 연결해서 출력된 사운드 프로세싱이다. phase vocoder의 재생속도를 -0.5로 지정하여 사운드를 역방향으로 재생하였다. 더 자연스럽게 만들기 위하여 리버브와 딜레이의 효과를 더하여 주었다.

6) Fast Fourier Transform의 줄임말이다. 시간 영역에서 변화하는 사운드를 주파수 영역으로 분석한다.

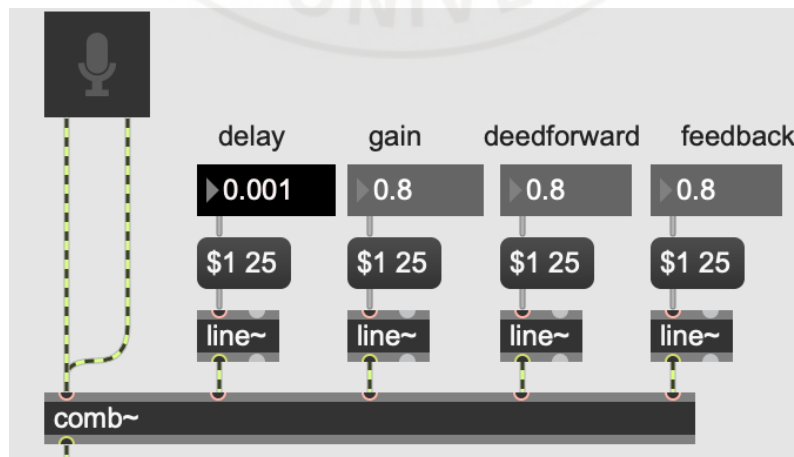


[그림-6] 작품 A파트의 사운드 시스템

## 나. B 파트

B 파트는 A 파트의 클라이맥스가 지난 뒤에 잔잔한 분위기를 만들기 위하여 저음역대가 강조되는 부분이다. 사운드 프로세싱은 phase vocoder, xover 그리고 combfilter를 사용하였다.

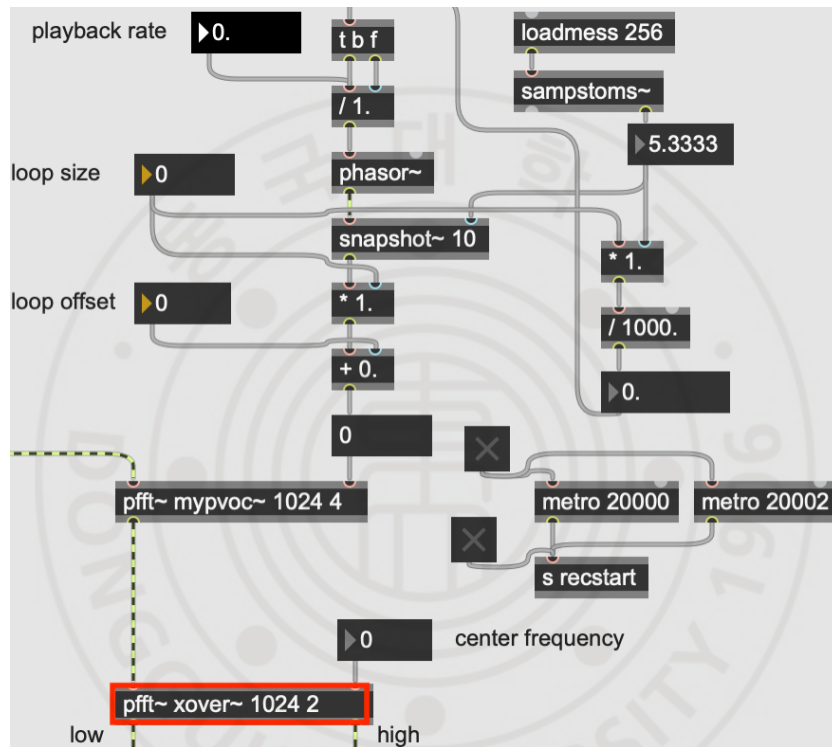
[그림-7]에서는 콤펠터 효과를 나타내는 Max 패치이다. 콤펠터는 직접 받는 음 이외에 반사음이 더해져 주파수들이 상호작용하여 소리를 날카롭게 만들 수 있다.



[그림-7] combfilter 구현한 Max 패치



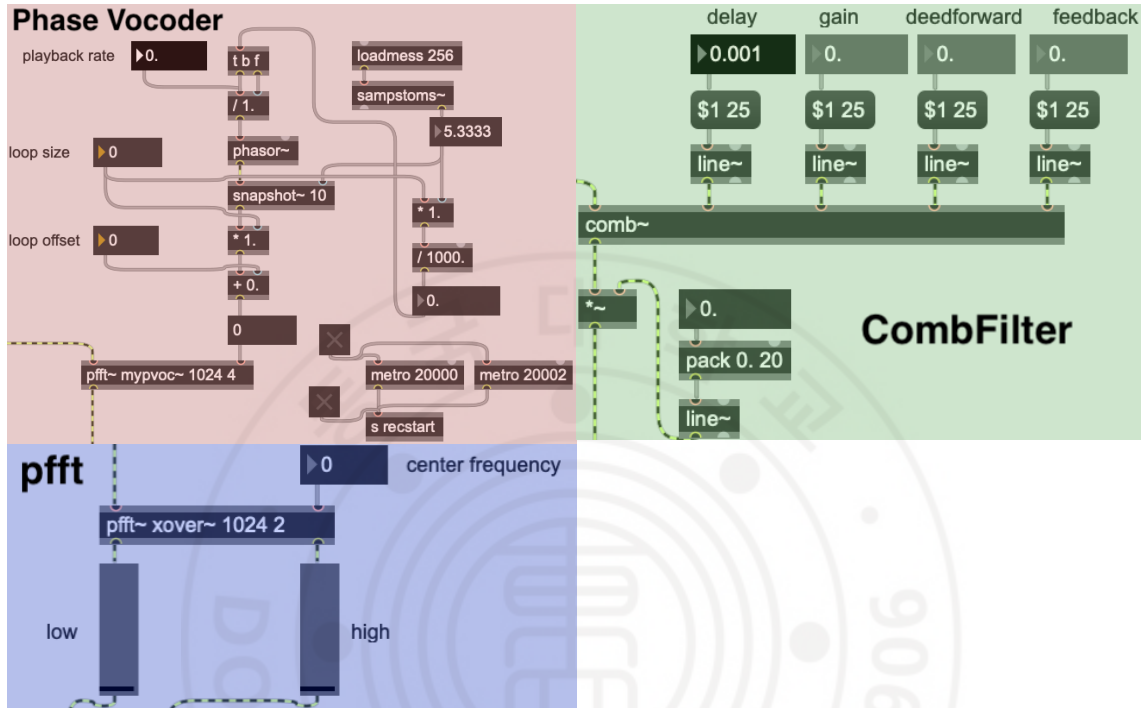
pfft~<sup>7)</sup>의 xover~오브젝트는 중심 주파수를 기준으로 하여 저음과 고음을 나누어 출력하는 기능을 가지고 있다. 피아노 소리는 phase vocoder를 거치고 난 후, xover~오브젝트를 통하여 고음과 저음을 실시간으로 조절할 수 있다. 다음의 [그림-8]은 phase vocoder와 xover~오브젝트를 사용하는 Max 패치이다.



[그림-8] phase vocoder와 xover~오브젝트를 사용하는 Max 패치

7) patcher fft라는 뜻이다. 사용자가 fft 기능을 원하는 대로 사용할 수 있는 서브패치이다.

[그림-9]은 작품 B 파트의 전체적인 시스템이다. 입력되는 사운드는 Phase vocoder와 pfft를 통하여 pfft에서 저주파수만 보내주어 어두운 분위기를 만들었다. Combfilter와 화음 코드가 합쳐져 곡은 점점 승화되었다.



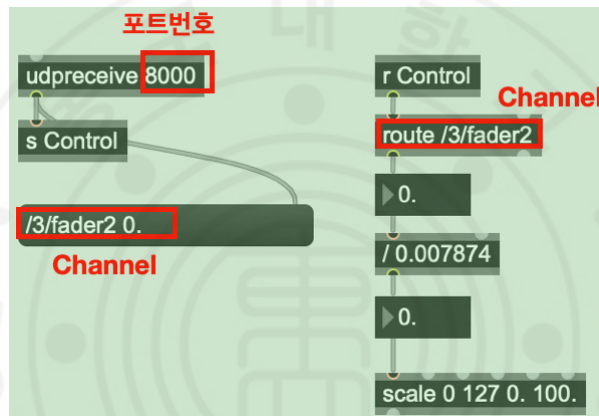
[그림-9] 작품 B 파트의 사운드 시스템

## 다. C 파트

C 파트의 앞부분은 조용하고 부드러운 분위기를 만들기 위하여 사운드 프로세싱 없이 본래의 피아노 멜로디만 있다. 후에 C 파트 후반에서는 피아노의 클라이맥스가 나온다. phase vocoder에 playback rate를 -2로 설정하여 연주되는 사운드가 역재생속되어 2배 빨라지므로 긴박한 느낌을 줄 수 있다. 동시에 xover~오브젝트의 중심 주파수를 1000Hz 이상으로 올려, 클라이맥스의 느낌이 더 분명하게 표현하였다. [그림-8]의 Max 패치를 다시 사용하였다.

## ② TouchOSC를 이용한 OSC 응용

실시간으로 사운드 프로세싱을 하기 위하여 TouchOSC<sup>8)</sup> 프로그램을 사용하였다. [그림-10]는 TouchOSC를 이용한 OSC 응용 패치이고 [그림-11]는 TouchOSC 설치 패치이다. 같은 와이파이로 연결한 상태에서 TouchOSC 프로그램의 OSC IP 주소와 컴퓨터의 IP 주소를 일치하게 설정하였고 포트번호를 일치하게 설정하면 Max에서 OSC의 데이터를 받을 수 있다. Max에서 Message Box를 이용하여 OSC의 Channel을 알 수 있다.



[그림-10] TouchOSC의 Max 패치

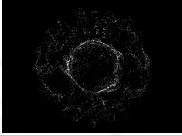
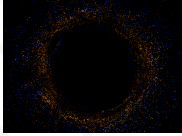
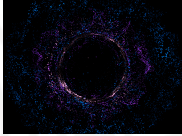
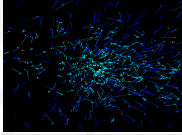
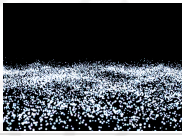

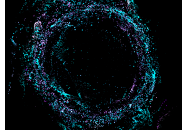
Enabled	<input checked="" type="checkbox"/>
Host	192.168.219.149
Port (outgoing)	8000
Port (incoming)	8000
Local IP address	192.168.219.117

[그림-11] Touch OSC 설치 패치

8) Hexler에서 개발한 소프트웨어로 iPhone, iPad 및 iPod Touch 용 OSC 및 MIDI 컨트롤인 프로그램이다.

## 2) Visual 구성

작품 <Healing Star>는 3개의 영상소스를 기반으로 사용하여 색상, 모양 등을 변화시켰다. 영상은 음악의 시나리오에 따라 구성했다. [표-4]는 영상 각 파트에 구성된 영상 이미지이다.

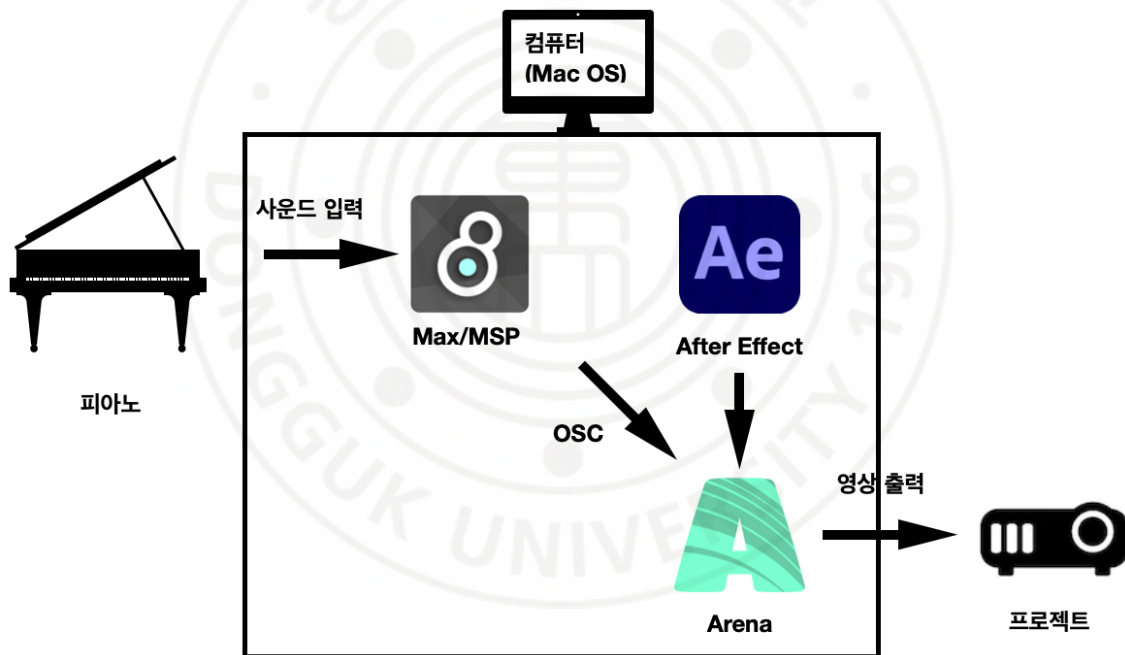
장면	영상 이미지
A1	
A2	
A3	
A4	
B1	
B2	
C	

<표-4> 각 파트의 영상 이미지

## ① 영상 시스템

본 작품의 소리 시각화 구현하기 위하여 두 개의 영상 소프트웨어 프로그램을 사용하였다. 영상 콘텐츠를 제작할 수 있는 After Effect<sup>9)</sup>를 중심으로 사용하였고 영상의 배치와 믹싱을 하기 위한 프로그램으로 Arena<sup>10)</sup>를 사용하였다. 각 영상 이미지들을 Arena에서 모아 음악과 맞춰 구성하였다.

[그림-12]는 작품 <Healing Star>의 영상 시스템이다. After Effect로 제작된 영상 이미지는 OSC를 통해 Arena로 전송되어 영상이 투사되었다. 영상은 작품의 시나리오에 따라 Arena프로그램 안에 배치하였다.



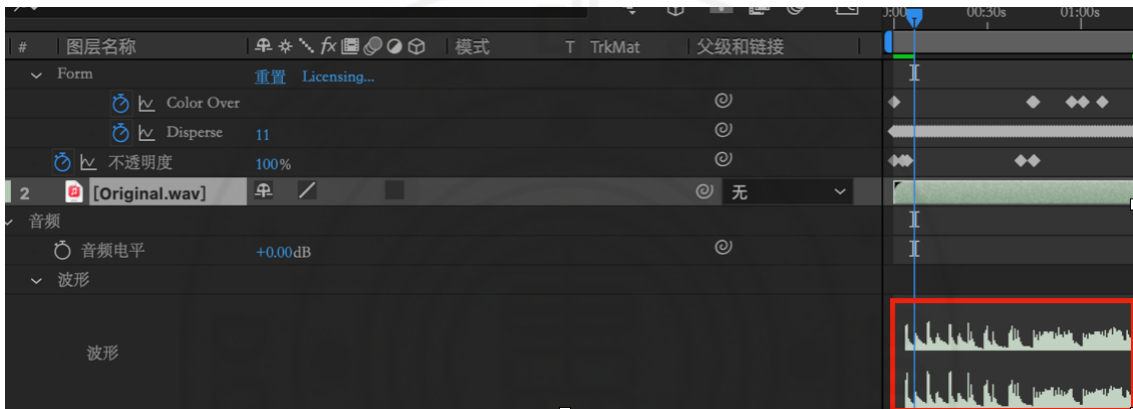
[그림-12] 영상 시스템

9) 어도비 시스템즈가 개발한 디지털 모션 그래픽 및 합성 소프트웨어이다.

10) Resolume에서 개발한 영상 믹싱 프로그램이다.

## ② After Effect를 사용하는 영상의 제작

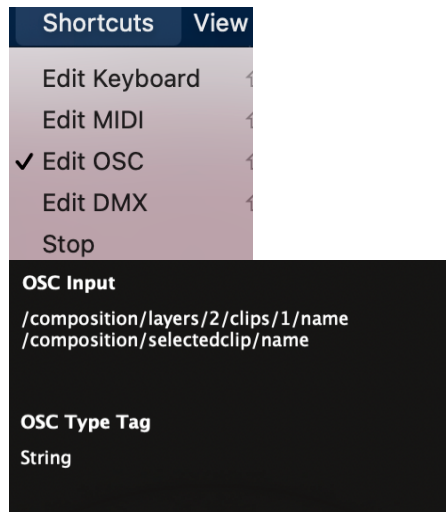
After Effect프로그램을 이용해서 작품의 영상을 미리 만들었다. 음악의 분위기에 따라 영상의 시나리오를 나누었다. After Effect프로그램 안에 작품 <Healing Star>의 음원 파일을 불러들였다. [그림-13]과 같다. 음악을 들으면서 어우러질 수 있도록 이미지를 제작하였다. 같은 파트 안에 변화가 크지 않게 제작하였다. After Effect프로그램 안에 있는 소스를 활용하여 사운드 인터랙션을 만들 수 있다.



[그림-13] After Effect 영상제작

## ③ OSC 통신

After Effect프로그램으로 제작한 영상을 배치 및 믹싱하기 위해서 OSC 통신을 사용한다. [그림-14]와 같이 Arena프로그램의 Shortcuts 메뉴를 클릭하여 Edit OSC로 설정한 후에 효과를 주어야 하는 영상 파라미터를 클릭하면 Input과 OSC Type을 확인 할 수 있다. [그림-15]는 Max에서 OSC통신 패치이다.



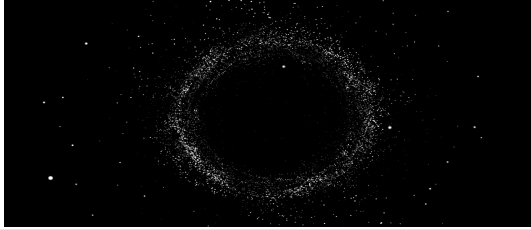
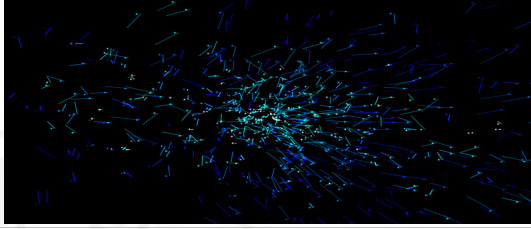
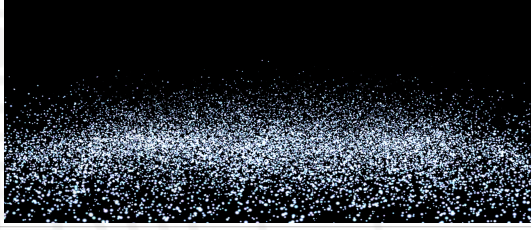
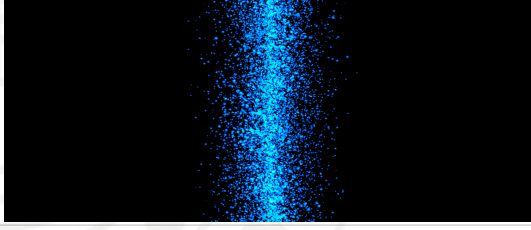
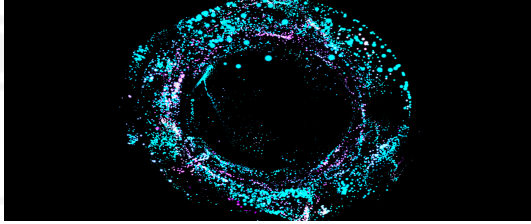
[그림-14] OSC통신 메뉴



[그림-15] OSC통신 의 Max 패치

#### ④ 영상의 인터랙션

작품 <Healing Star>에서 모두 영상소스는 사운드와 인터랙션이 있지만 실시간 인터랙션은 없다. After Effect 안에 있는 Sound Key라는 플러그인을 사용하여 음역 대역을 나누고, 각각의 분류된 음량 값을 이용하여 음악과 영상 이미지의 인터랙션을 적용할 수 있다. 본 작품에 사용한 인터랙션은 다음 [표-5]와 같다.

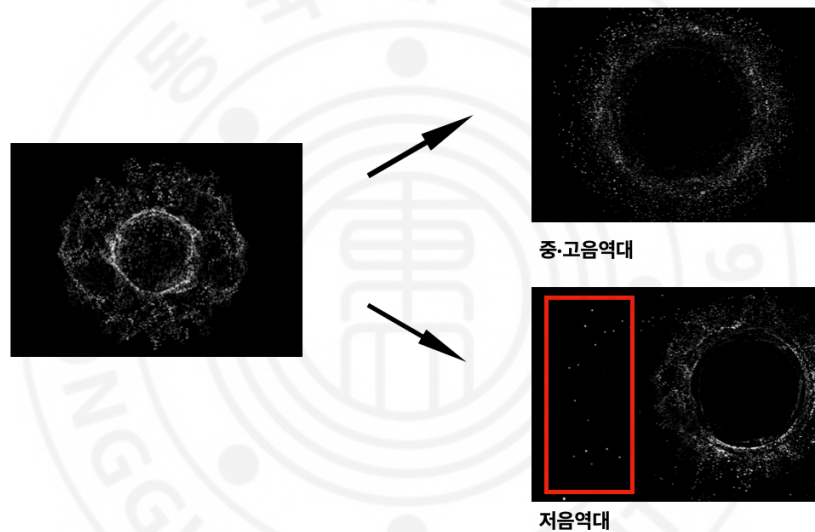
영상 번호	영상 이미지
영상 1	
영상 2	
영상 3	
영상 4	
영상 5	

<표-5> 음악과 인터랙션이 있는 영상 이미지



## 가. 영상 1

<표-5>의 영상 1번 이미지는 물질(별)이 원의 형태로 나타나고 원을 중심으로 작은 입자들이 흩어지는 모양을 표현하였다. 이 부분의 영상은 After Effect를 이용하여 만들었다. 중음역대 및 고음역대의 음량 값으로 이미지 중심에 있는 원의 크기를 변화시키고 저음역대는 원 주위의 작은 입자들의 움직이는 형태를 변화시킬 수 있다. 다음 [그림-16]과 같다.



[그림-16] 영상 이미지1의 인터랙션

## 나. 영상 2

<표-5>의 영상 2번 이미지는 After Effect를 사용하여 제작하였다. 이 부분은 A 파트의 절정이므로 입자들의 흐르는 느낌을 강하게 표현하기 위하여 음악의 음량 값에 따라 입자들을 산발적으로 흩어지게 하였다. [그림-17]과 같다. 입자들의 흐르는 느낌을 강하게 만들기 위하여 이러한 별의 흐름 같은 이미지를 사용하였다. 음악의 음량 값에 따라 물질들이 확산하게 흘러졌다. [그림-17]과 같다.

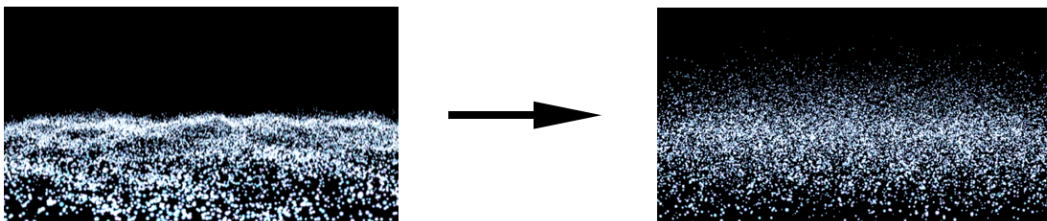


[그림-17] 영상 이미지2의 인터랙션

## 다. 영상 3

<표-5>의 3번 영상은 클라이맥스 후에 뒤따르는 부분으로 저음역대 위주로 어둡고 무거운 느낌을 표현하였다.

이 영상소스는 After Effect를 이용하여 제작하였다. 음악의 음량 값에 따라 바닥에 있는 물질들이 떠오른다. 다음 [그림-18]과 같다.



[그림-18] 영상 이미지3의 인터랙션

#### 라. 영상 4

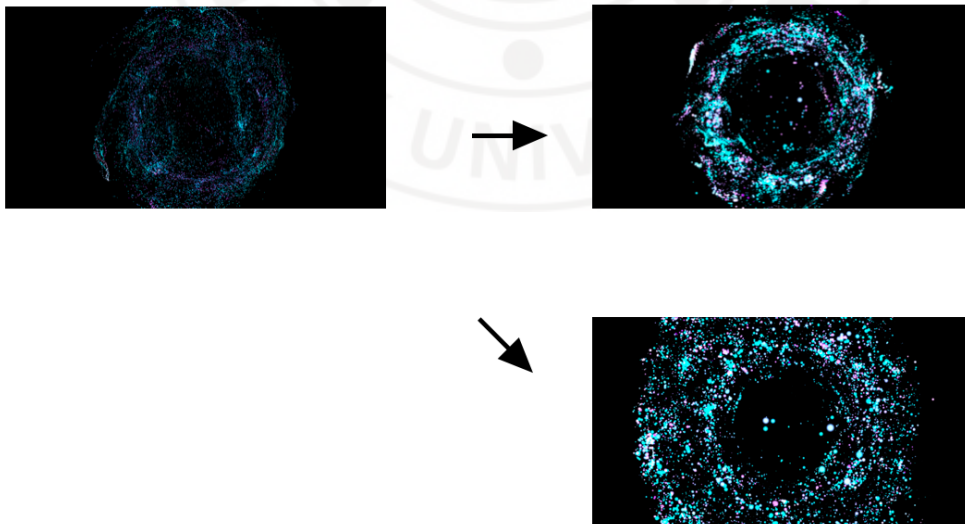
<표-5>의 영상 4번 이미지는 3번 영상과 같은 느낌을 주었고 음악의 음량 값에 따라 영상 이미지를 확산시켰다. [그림-19]와 같다.



[그림-19] 영상 이미지4의 인터랙션

#### 마. 영상 5

<표-5>의 5번 영상은 작품의 마지막 부분이다. 이 부분은 두 번째 클라이맥스이고 점점 사라지는 느낌이다. 1번 영상과 같이 중음역대는 원의 크기를 변화시켰고, 저음역대는 원 주위의 물질들을 확산시켰다. 고음역대는 이미지 전체의 밝기를 변화시켰다. [그림-20]과 같다.



[그림-20] 영상 이미지5의 인터랙션

## 2.멀티미디어음악 작품 <Healing Star>

연구된 소리 시각화를 적용한 멀티미디어음악 작품 <Healing Star>는 2020년 12월 30일 동국대학교 소극장에서 온라인으로 진행된 'SEEING SOUND LISTENING IMAGE(보는 소리, 듣는 영상) XVII' 공연에 초연되었다.

### 1) 작품 소개

멀티미디어음악 작품 <Healing Star>의 도입부는 별이 지나가는 장면을 곡으로 표현하였다. 전체적인 음악은 별을 기반으로, 음악의 각각의 파트는 그 모양의 변화로 인하여 나누어진다.

영상의 도형이미지는 원의 형태로, 일반적인 그림으로 표현되는 보통의 별과 다르게 설계하였다. 원은 음악의 음향 값에 따라 움직인다. 이러한 음악과 영상으로 인터랙션 시스템을 구성하여 멀티미디어음악 작품 <Healing Star>를 제작하였다.

#### ①음악

음악은 A-B-C의 형식으로 구성하고 고전적인 기-승-전-결이 뚜렷한 형식을 따라 작곡하였다. 다음 <표-6>은 작품의 구성과 내용을 정리하였다.

형식	A	B	C
시간	00:00-02:27	00:00-02:27	03:29-05:21
내용	별의 존재 및 움직임	물질의 응집	별의 흐름 및 사라짐




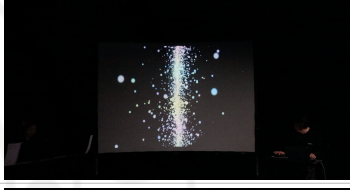

<표-6> 음악의 구성

작품은 A-B-C의 형식으로 창작하였으며 4분의 3박자와 4분의 4박자가 교착(交錯)된 C장조의 음악이다. A 부분의 처음은 별이 나타나는 분위기를 표현하기 위하여 피아노의 높은 음역대에서 음악을 시작하였다. 별이 나타난 뒤에 중음역대를 중심으로 멜로디를 진행시켜 따뜻한 느낌을 만들었다. 곡 전체에서 두 번의 클라이맥스가 있고, 그 첫 번째는 A 부분의 뒷부분이다. B부분은 무겁고 어두운 분위기를 표현하기 위해 피아노의 저음역대에서 진행하였고, C장조가 D장조로 전조되며 C 부분을 이끌어냈다. C 부분은 다시 따뜻한 분위기를 표현하였고 점점 사라지게 된다.

A 부분을 시작하였을 때부터 곡의 발전과 분위기에 따라 사운드 프로세싱이 서서히 추가되었다. B 부분에서는 어두운 느낌으로 프로세싱 사운드의 음량을 적절하게 줄어들게 하였으며 다시 C 부분에서는 피아노의 연주와 프로세싱 사운드가 합해져서 곡이 마무리되었다.

## ② 영상

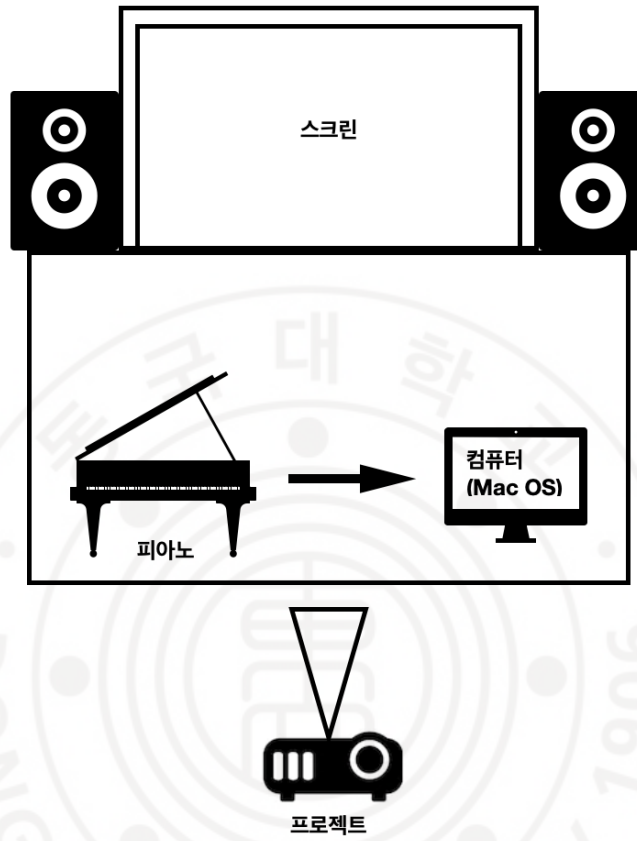
작품 <Healing Star>에서 사용된 영상 소스는 총 5개이다. 영상은 음악과 함께 기-승-전-결에 따라 시각화되었다. <표-7>은 작품에서 사용하는 영상 소스 이미지 및 이를 표현하고자 한 내용이다.

영상 구성	설명	영상 이미지
A-1	별이 나타냄	
A-2	흐름	
B-1	침전	
B-2	승화	
C	흐름 및 사라짐	

〈표-7〉 표현 내용

영상 A-1은 별이 나타나는 장면이고 음악에 따라 그 움직임을 표현하였다. 처음에는 하얀색인 별이 지속적으로 흩어지게 하였고, 음악 뒷부분의 분위기가 변화함에 따라 점차 색이 변화되었다. A-2는 A 파트의 클라이맥스 부분이며 여러 개의 별과 계속 바람처럼 지나가는 장면을 묘사하였다. B-1은 어둡고 무거운 부분이며 별이 사라지는 모습을 표현하고자 그 입자들을 영상의 하반부에 위치하게 하였다. 음악 분위기에 따라 입자들이 기둥처럼 모여 움직이는 장면은 B-2이다. 그리고 마지막 C는 다시 원이 되었고, 움직이면서 사라진다.

③ 공연 시스템



[그림-21] 공연 시스템

## 2) 작품에서 적용된 기술

### ① A 파트

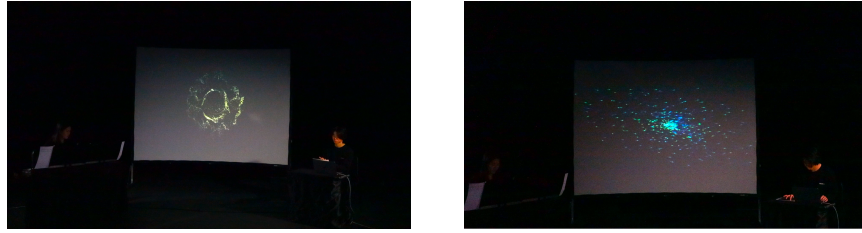
파트	A (00:00~02:27)	
시간	00:00~01:50	01:50~02:27
표현한 내용	별의 존재 및 흐름	
사운드 프로세싱	phase vocoder , granular synthesis	
영상	A-1	A-2

〈표-8〉 A 파트의 구성

A 부분은 피아노 솔로 연주로 시작되었다. 앞에 고음역대 부분에서는 사운드 프로세싱이 더하여져 별이 쏟아지는 소리를 모방하고자 granular synthesis를 사용하였으며 grain size는 500으로 설정하였고 grain pitch는 1.5로 두어 reverb된 음향 효과가 출력되도록 하였다. 뒷부분은 두 대 이상의 악기가 연주되는 듯한 풍성하고 따뜻한 느낌을 만들기 위하여 phase vocoder 위주로 사용하였으며, 재생속도 파라미터를 -0.5로 두어 reverb를 더하여 매끄럽게 출력되었다. 위에 〈표-8〉은 A 부분에서 사용한 사운드 프로세싱과 더불어 인터랙션으로 변화하는 영상의 내용을 정리하였다.

영상 A-1은 음악의 음량 값에 의하여 중심에 있는 원의 크기를 변화시킨 장면이다. A-2부터 원 이미지가 없어져 별들이 깃발처럼 펼쳐지고, 음악의 음량에 의하여 중앙의 별들이 흩어지는 방향이 달라진다.





[그림-22] A 파트의 공연 촬영 영상 캡처

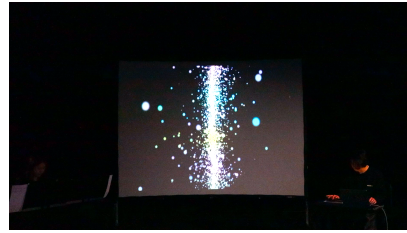
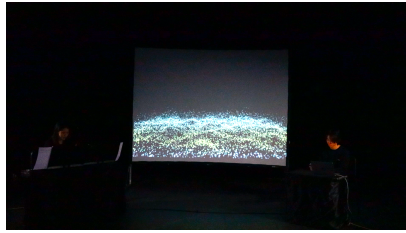
## ② B 파트

파트	B (02:27~03:29)	
시간	02:27~02:51	02:51~03:29
표현한 내용	물질의 응집	
사운드 프로세싱	phase vocoder , comb filter	
영상	B-1	B-2

<표-9> B 파트의 구성

B 파트는 클라이맥스 뒤따르는 부분으로 고요한 부분이다. 이 부분은 저음역대를 위주로 진행된 부분이며 phase vocoder와 pfft~의 xover~가 합하여졌다. xover~를 사용하여 중심주파수를 500Hz 기준으로 나누어 출력하였으며 더 어두운 분위기가 형성되었다. 뒷부분은 comb filter를 사용하였으며 미묘한 느낌을 만들었다. <표-9>는 B 부분 사용한 사운드 프로세싱 및 장면을 정리하였다.

B-1은 음악의 분위기에 맞춰 물질이 아랫부분에 있는 장면이고, 음악의 음량 값에 의하여 떠오르게 된다. B-2는 C 파트로 향하는 부분이며 입자들이 기둥처럼 모여 빠르게 회전한다.



[그림-23] B 파트의 공연 촬영 영상 캡처

### ③ C 파트

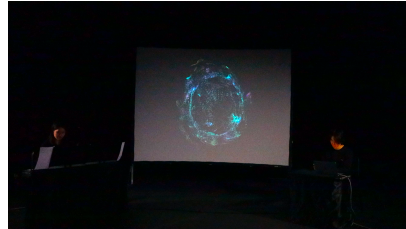
파트	C (03:29~05:21)
시간	03:29~05:21
표현한 내용	물질의 응집
사운드 프로세싱	phase vocoder
영상	C

<표-10> C 파트의 구성

C 파트는 두 번째 클라이맥스인 부분이다. 이 부분에서는 phase vocoder와 pfft~의 xover~만을 사용하였다. 클라이맥스의 앞부분은 phase vocoder가 xover~와 합쳐 중심주파수를 1200Hz 기준으로 나누어 출력하였고, phase vocoder는 재생속도 파라미터를 -1.2로 두어 reverb를 더하여 출력하여 긴장감을 만들었다.

이미지는 다시 원으로 변환되었으며 음악의 음량 값에 의하여 원의

크기가 변화되었고, 명암이 밝게 되도록 하였다. 그 뒤에는 이미지가 점점 약해지고 사라졌다.



[그림-24] C 파트의 공연 촬영 영상 캡처



### Ⅲ. 결론

본 작품을 통하여 피아노 연주와 더불어 실시간 사운드 프로세싱을 통하여 음향적으로 어쿠스틱 악기에 다양한 표현 효과를 적용할 수 있는 연구를 진행하였다. 음악과 영상이 실시간 상호작용을 하기 위하여 시스템을 구현하였고, 소리의 시각화를 위하여 피아노의 음량 값을 활용하여 인터랙션을 할 수 있었다. 이를 통하여 관객들에게 청각과 시각을 결합한 멀티미디어음악 작품을 전달 할 수 있었다.

멀티미디어 작품 <Healing Star>는 Max를 사용하여 실시간 사운드 프로세싱을 통하여 제작되었으며 곡의 분위기와 악기의 특징을 강조하기 위하여 phase vocoder, comb filter, granular synthesis, pfft, delay, reverb를 활용하였다. phase vocoder를 활용하여 다양한 음색을 만들 수 있으며 피아노 한 대만을 사용하더라도 앙상블적인 음향 효과를 구현할 수 있었다. 또는 granular synthesis를 활용하여 여러 음이 나오는 효과를 만들었다. 컴퓨터를 통하여 전통 어쿠스틱 악기에서 나올 수 없는 사운드를 전자 음향 쪽으로 만들었다.

소리 시각화를 연구한 작품<Healing Star>에서 음악의 시각화를 실현해 내기 위하여 악기의 음량 값이 사용되었다. After Effect 안에 있는 Soundkey로 음역대를 나누어 피아노의 음량 값을 사용하여 음악과 영상의 시각화가 가능하였다.

시각화된 예술 작품을 제작하기 위하여 사용하는 요소 중에서 음량 값이 주로 사용되었다. 향후 풍부한 작품들에 다양한 데이터를 활용한다면 작품의 표현전달이 다양해질 수 있다.

Keyword(검색어):

컴퓨터음악(computer music), 멀티미디어음악(multimedia music),  
피아노 음악(piano music), Max for Live, 소리 시각화(sound visualization),  
실시간 사운드 프로세싱(real-time sound processing)

E-mail: [hyunchun321@gmail.com](mailto:hyunchun321@gmail.com), [770537648@qq.com](mailto:770537648@qq.com)



## 참 고 문 헌

### 1. 단행본

- Hartmut Bohnacker, Benedikt Gross, Julia Laub, Claudius Lazzaroni, 「 Generative Design: Visualize, Program, and Create with Processing 」 (Princeton Architectural Press, 2012)
- Shiffman, Daniel 저 「 러닝 프로세싱 」, (비제이퍼블릭, 2016)
- V.J.Manzo, 「 Max/MSP/Jitter for music 」, (Oxford University Press, 2011)

### 2. 참고논문

- 이도경, 「 피아노 연주를 통한 실시간 오디오-비주얼 작품 제작 연구 」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과 , 2018)
- 조환희, 「 베이스 트롬본과 피아노의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한 멀티미디어작품 제작 연구 」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과 , 2019)
- 홍성대, 장호연, 박진완 「Max/MSP를 이용한 인터랙티브 미디어 콘텐츠 연구 」 (한국컴퓨터게임학회논문지 , 2008)

### 3. 웹사이트

- Max

<https://cycling74.com/>

- CNMAT: external Max object, OSC

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

- Learning Processing

<http://learningprocessing.com/>

- Processing

<https://processing.org/>

- Syphon

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



## ABSTRACT

### A Study on Interactive Multimedia Music using Real-time Sound Processing for Piano (focus on Multimedia Music <Healing Star>)

Zheng, Yu Di

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

<Healing Star> is a multimedia music uses sound effects and visual effects of media. Used computer to realize the real-time processing of sound. Used values extracted from the piano's original sound to change the processing sound and image in real-time.

Max/MSP was used to control the automation of sound and visual processing values for the formation of a project as a whole. OSC is used to make music and images interact. If we use various data in a variety of works in the future, the performance and communication of works will become diverse.



부록-1 : 작품 <Healing Star> 악보

Healing Star

Yu Di Zheng

♩ = 60

8va

5

8va

3

10

8va

3

14

Musical score for measures 14-17. The piece is in 4/4 time. Measure 14: Treble clef has a quarter note G4, quarter note A4, quarter note B4, quarter note C5. Bass clef has a half note G3, half note F3. Measure 15: Treble clef has a half note G4, half note A4. Bass clef has a half note G3, half note F3. Measure 16: Treble clef has a quarter note G4, quarter note A4, quarter note B4, quarter note C5. Bass clef has a half note G3, half note F3. Measure 17: Treble clef has a quarter note G4, quarter note A4, quarter note B4, quarter note C5. Bass clef has a half note G3, half note F3.

18

Musical score for measures 18-21. The piece is in 4/4 time. Measure 18: Treble clef has eighth notes G4, A4, B4, C5, eighth notes G4, A4, B4, C5. Bass clef has a half note G3, half note F3. Measure 19: Treble clef has a quarter note G4, quarter note A4, quarter note B4, quarter note C5. Bass clef has a half note G3, half note F3. Measure 20: Treble clef has a quarter note G4, quarter note A4, quarter note B4, quarter note C5. Bass clef has a half note G3, half note F3. Measure 21: Treble clef has a quarter note G4, quarter note A4, quarter note B4, quarter note C5. Bass clef has a half note G3, half note F3.

22

Musical score for measures 22-25. The piece is in 4/4 time. Measure 22: Treble clef has eighth notes G4, A4, B4, C5, eighth notes G4, A4, B4, C5. Bass clef has a half note G3, half note F3. Measure 23: Treble clef has a quarter note G4, quarter note A4, quarter note B4, quarter note C5. Bass clef has a half note G3, half note F3. Measure 24: Treble clef has a quarter note G4, quarter note A4, quarter note B4, quarter note C5. Bass clef has a half note G3, half note F3. Measure 25: Treble clef has a quarter note G4, quarter note A4, quarter note B4, quarter note C5. Bass clef has a half note G3, half note F3.

26

Musical score for measures 26-29. The piece is in 4/4 time. Measure 26: Treble clef has eighth notes G4, A4, B4, C5, eighth notes G4, A4, B4, C5. Bass clef has a half note G3, half note F3. Measure 27: Treble clef has eighth notes G4, A4, B4, C5, eighth notes G4, A4, B4, C5. Bass clef has a half note G3, half note F3. Measure 28: Treble clef has eighth notes G4, A4, B4, C5, eighth notes G4, A4, B4, C5. Bass clef has a half note G3, half note F3. Measure 29: Treble clef has a quarter note G4, quarter note A4, quarter note B4, quarter note C5. Bass clef has a half note G3, half note F3.

29

Musical notation for measures 29-31. Treble clef has a melody of quarter and eighth notes. Bass clef has a steady eighth-note accompaniment.

32

Musical notation for measures 32-34. Treble clef has a melody with a slur over measures 32-33. Bass clef has a steady eighth-note accompaniment.

35

Musical notation for measures 35-38. Treble clef has a melody with a slur over measures 35-36. Bass clef has a steady eighth-note accompaniment. Measure 37 has a 3/4 time signature change. Measure 38 has a 4/4 time signature change and a fermata.

39

Musical notation for measures 39-43. Treble clef has a melody with a slur over measures 39-40. Bass clef has a steady eighth-note accompaniment. Measure 40 has a triplet of eighth notes marked "8va" and "3". Measure 41 has a 7/4 time signature change. Measure 42 has a 3/4 time signature change. Measure 43 has a 3/4 time signature change and a fermata.

44

Musical score for measures 44-47. The piece is in 3/4 time, which changes to 4/4 at measure 45. The right hand features a melodic line with eighth and quarter notes, while the left hand provides a harmonic accompaniment with chords and single notes.

48

Musical score for measures 48-50. The right hand has a more active melodic line with eighth notes and slurs, and the left hand continues with a steady accompaniment.

51

Musical score for measures 51-54. Measure 53 features a trill marked "8va" and a triplet of eighth notes. The key signature changes to two sharps (D major) at measure 53.

56

Musical score for measures 56-59. Measures 56 and 57 feature trills marked "8va" and triplets of eighth notes. Measures 58 and 59 feature a complex rhythmic pattern with triplets and sixteenth notes.

60 *8va*

62

64

67

70

Musical score for measures 70-75. The piece is in G major (one sharp) and 4/4 time. The right hand features a melodic line with eighth-note patterns and slurs. The left hand provides a simple accompaniment with quarter notes and rests.

76

Musical score for measures 76-80. The right hand continues with eighth-note patterns, leading to a final cadence with a double bar line. The left hand has a few notes in the final measure, including a double bar line.



## 부록-2 : 첨부 DVD

1. <Healing Star> 공연 영상: 2020년 12월 30일 온라인 공연 영상
2. <Healing Star> 악보: 작품 악보
3. <Healing Star> Max패치: 사용된 Max/MSP 패치

