



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 논 문

피아노 연주의 실시간 사운드 프로세싱을  
이용한 멀티미디어작품 제작 연구  
(멀티미디어음악 작품 <Matter Flow>를 중심으로)

지도교수 김 준

동국대학교 영상대학원

멀티미디어학과 컴퓨터음악전공

최 아 영

2 0 1 9

석사학위논문

피아노 연주의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한

멀티미디어작품 제작 연구

(멀티미디어음악 작품 <Matter Flow>를 중심으로)

최아영

지도교수 김 준

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2018년 12월

최아영의 음악석사(컴퓨터음악) 학위 논문을 인준함

2019년 1월

위원장 박 상 훈

위 원 김 정 호

위 원 김 준

동국대학교 영상대학원



# 목 차

I. 서 론 .....	1
1. 연구 배경 및 목적 .....	1
2. 소리 시각화 사례 연구 .....	2
II. 본 론 .....	6
1. 멀티미디어음악 작품 <Matter Flow> 구성 .....	6
1) 사운드 구성 .....	6
① 사운드 시스템 .....	7
가. A 파트 .....	8
나. B 파트 .....	14
다. C 파트 .....	17
라. A' 파트 .....	17
2) 영상 구성 .....	18
① 영상 시스템 .....	18
② After Effect를 활용한 영상제작 .....	20
③ Processing을 활용한 영상제작 .....	21
④ OSC 통신을 이용한 실시간 영상제어 .....	22
⑤ 사운드 프로세싱 데이터와 영상의 실시간 인터랙션 .....	26
가. 영상 1 .....	28
나. 영상 2 .....	29
다. 영상 3 .....	30
라. 영상 4 .....	31

2. 멀티미디어음악 작품 <Matter Flow> .....	32
1) 작품 소개 .....	32
① 음악 .....	32
② 영상 .....	34
③ 공연 시스템 .....	37
2) 작품에서의 연구 기술 적용 .....	38
① A 파트 .....	38
② B 파트 .....	39
③ C 파트 .....	41
④ A' 파트 .....	42
III. 결 론 .....	44
참 고 문 헌 .....	46
ABSTRACT .....	49
부록-1 : <Matter Flow> 악보 .....	52
부록-2 : 첨부 DVD .....	59

## 표 목 차

<표-1> 작품에 표현된 이미지와 사운드 효과 .....	7
<표-2> munger~오브젝트의 각 파라미터 설명 .....	11
<표-3> grain pitch 파라미터 값과 그에 따른 음정 .....	12
<표-4> 음악과 인터랙션이 있는 영상 소스 .....	26
<표-5> 음악 구성 .....	33
<표-6> 영상 구성과 의미 .....	34
<표-7> A 파트 구성 .....	38
<표-8> B 파트 구성 .....	39
<표-9> C 파트 구성 .....	41
<표-10> A' 파트 구성 .....	42

## 그림 목 차

[그림-1] 소리 시각화 작품 <Wander Around> .....	2
[그림-2] 소리 시각화 작품 <mPoi Ensemble> .....	3
[그림-3] 소리 시각화 작품 <Dancing Colors> .....	4
[그림-4] 리버브 음향효과를 구현한 Max 패치 .....	8
[그림-5] 딜레이 음향효과를 구현한 Max 패치 .....	9
[그림-6] 콤팩트와 설정해놓은 파라미터 값들 .....	10
[그림-7] munger~오브젝트를 이용한 granular synthesis 패치 .....	11

[그림-8] 음악 A 파트의 사운드 프로세싱 시스템 .....	13
[그림-9] 음악 B 파트의 granular synthesis 시스템 .....	14
[그림-10] pfft~mypvoc~를 사용한 phase vocoder 패치 .....	15
[그림-11] 음악 B 파트의 phase vocoder 시스템 .....	16
[그림-12] 영상 시스템 구성도 .....	19
[그림-13] After Effect를 활용한 영상제작 .....	20
[그림-14] Processing 영상제작 코드 예시 .....	21
[그림-15] OSC 통신을 이용한 실시간 영상제어 패치 .....	22
[그림-16] OSC 통신을 위한 oscP5 예시 .....	24
[그림-17] Arena 프로그램의 OSC 통신 .....	25
[그림-18] 피아노의 음량 값에 따른 영상 소스의 변화 .....	28
[그림-19] 건반의 세기에 따른 영상 이펙트 효과 .....	29
[그림-20] 클라이맥스 부분의 영상 이펙트 효과 .....	30
[그림-21] 음량 값에 반응하는 마지막 영상 .....	31
[그림-22] 공연 시스템 구성도 .....	37
[그림-23] A 파트의 실제 공연장 촬영 영상 캡처 .....	39
[그림-24] 실제 무대에서의 클라이맥스 영상 효과 .....	40
[그림-25] C 파트의 실제 영상 투사 모습 .....	41
[그림-26] 작품 종결 영상 캡처 .....	42

# I. 서론

## 1. 연구 배경 및 목적

21세기 들어 과학 기술의 급속한 발전과 그 빠른 발전 속도는 인간의 사회, 문화 부분에 많은 변화를 가져왔다. 컴퓨터의 발전과 많은 사용은 누구나 쉽게 컴퓨터를 가지고 활용할 수 있게 하였고 일반 사람들도 텍스트, 오디오, 사진, 비디오 등을 사용하며 멀티미디어 콘텐츠를 경험하고 이것을 이용한 소통이 활발하게 되었다.

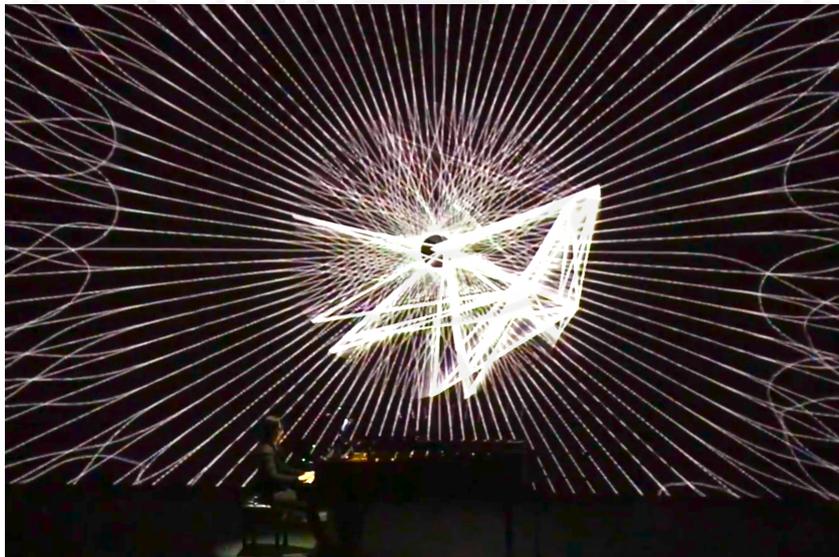
이러한 시대 상황 속에서 예술은 과학기술과의 만남을 통하여 다양한 매체들을 결합한 멀티미디어 콘텐츠의 방향으로 나아가게 되었고 예술가들은 디지털 매체들을 사용하여 이전보다 훨씬 다양한 재료를 이용한 표현을 할 수 있게 되었다.

<Matter Flow>는 멀티미디어음악 작품으로서 피아노 연주의 실시간 사운드를 프로세싱 하여 청각적으로 음악을 전달하고 그와 동시에 음악의 이미지를 시각적으로 보여주며 사운드와 비주얼이 서로 인터랙션 하는 소리 시각화(sound visualization)를 구현하였다. 오디오와 비디오라는 두 가지 이상의 멀티미디어 콘텐츠를 활용하여 기술의 발전과 예술 환경의 확장이라는 시대의 흐름에 맞는 작품제작 및 멀티미디어 공연을 연구하였다. 실제 연주되는 피아노의 소리와 그 소리를 컴퓨터를 이용하여 변형한 소리가 함께 음악을 전개해 나간다. 동시에 피아노의 음량(volume)에 따라서 실시간으로 반응하는 영상의 상호작용을 통하여 감상자에게 다양한 시청각적 경험의 전달을 목적으로 하였다.

## 2. 소리 시각화 사례 연구

“소리 시각화” 또는 “음악 시각화”라고 정의 되어지는 sound visualization은 음악과 시각의 조합으로서 음악을 기반으로 특정 이미지를 생성한다. 음악에 따라 생성되는 이미지의 시각화 기법은 그 방법이 다양하며 소리를 시각화 할 때 사용하는 음악의 속성으로는 음악의 음량 값(volume), 주파수(frequency) 대역 등이 있다.

작품 <Wander Around><sup>1)</sup>는 2017년에 이도경이 제작한 멀티미디어음악 작품으로 소리 시각화를 구현하였다. 이 작품은 피아노라는 특정 악기를 매개로 하여 실시간으로 입력되는 사운드 데이터를 통하여 영상을 제어하는 시스템을 갖추고 있다.



[그림-1] 소리 시각화 작품 <Wander Around>

1) 이도경의 작품으로 2017년 한국멀티미디어음악학회(SIMM)주최의 <보는 소리, 듣는 영상 X IV>공연에서 초연되었다.

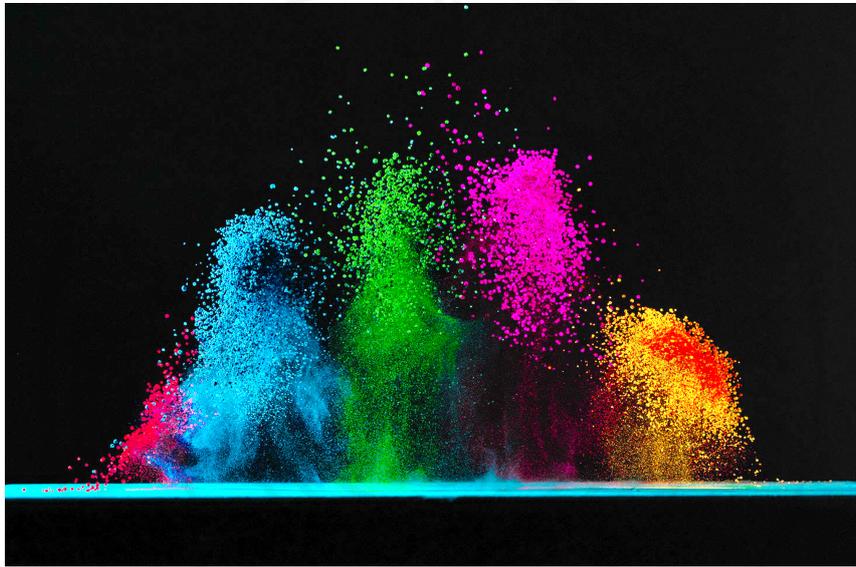
소리 시각화의 작품은 퍼포먼스의 형식으로도 그 사례를 찾아볼 수 있다. [그림-2]는 남상봉의 작품 <mPoi Ensemble><sup>2)</sup>으로써 그가 직접 제작한 전자악기 엠포이<sup>3)</sup> (mPoi)를 활용하여 빛의 움직임을 소리로 변환시킨 멀티미디어 음악극이다. 연주자가 어둠 속에서 조명기를 부착한 엠포이를 돌리면, 엠포이에 부착된 계측기가 회전운동의 가속도를 감지하여 컴퓨터에 정보를 보내고 이 정보는 작가가 사전에 입력해둔 명령어에 따라 소리로 치환된다. 관객들은 소리와 함께 나타나는 빛을 보며 시각과 청각의 경험을 동시에 느낄 수 있다.



[그림-2] 소리 시각화 작품 <mPoi Ensemble>

- 
- 2) 남상봉의 작품으로 차세대 예술인력 육성사업(Arko Young Art Frontier, AYAF 2014) 음악 부분 당선작이다.
- 3) 남상봉이 직접 제작한 원의 궤적을 센서로 읽어 컴퓨터에 전달하는 악기이다.

소리를 시각화 한다는 것은 소리가 가지고 있는 속성 중 진동을 이용하여 시각화 할 수도 있다. Fabian Oefner는 [그림-3]과 같이 이러한 소리의 진동을 시각화 시킨 작품 <Dancing Colors><sup>4)</sup>를 제작하였다. 스피커 위에 놓인 호일 위에 수백 가지 화려한 색의 작은 수정을 올려놓고 작가가 소리를 낼 때마다 스피커 위에 수정들은 진동을 통한 다양한 형태를 만들어 낸다.



[그림-3] 소리 시각화 작품 <Dancing Colors>

---

4) Fabian Oefner가 2013년에 제작한 작품이다.

위와 같은 사례들처럼 소리를 시각화하는 작업은 여러 가지 형태의 작품으로 구성할 수 있으며 그 효과 또한 다양하다. 멀티미디어음악 작품 <Matter Flow>에서는 음악과 영상이라는 두 개의 멀티미디어 콘텐츠를 활용하였고 피아노라는 악기를 사용하였다. 악기의 특성을 고려한 실시간 사운드 프로세싱을 통해 어쿠스틱 악기와 함께 연주되는 풍부한 컴퓨터 사운드를 만들었다. 피아노의 연주로 입력되는 사운드 데이터를 이용하여 음악과 영상의 실시간 인터랙션(interaction)에 관한 연구는 다음 본문에서 자세히 다루고자 한다.



## II. 본 론

### 1. 멀티미디어음악 작품 <Matter Flow> 구성

<Matter Flow>는 ‘물질의 흐름’이라는 이미지와 아이디어로부터 시작했다. ‘Matter’의 사전적 의미는 세상의 모든 것들을 구성하는 일반적인 물질을 의미하고 ‘Flow’는 흐름을 의미한다. 생성되고 움직이며 모이고 흩어지기를 반복하다가 소멸되고 다시 생성되는 물질의 끊임없는 흐름을 순간적 인상의 음(tone)과 이미지로 표현하였다. 다음 본문에서는 <Matter Flow>의 사운드 구성과 영상 구성 및 그 시스템에 대하여 서술한다.

#### 1) 사운드 구성

피아노는 큰 폭의 다이내믹 레인지와 넓은 음역이라는 악기의 특성을 가지고 있다. <Matter Flow>는 피아노의 특성을 고려한 폭 넓은 음역과 다이내믹 레인지를 사용하여 악곡을 구성함으로써 악기가 가진 장점을 극대화 시켰다. 피아노 연주와 실시간으로 프로세싱 되는 컴퓨터 사운드를 함께 연주하여 풍성함을 더하였다. 모든 사운드 시스템은 Max5<sup>5)</sup>를 이용하여 구현하였고, 사용한 사운드 프로세싱으로는 리버브(reverb)<sup>6)</sup>, 딜레이(delay)<sup>7)</sup> 음향효과, granular synthesis<sup>8)</sup>, phase vocoder<sup>9)</sup> 및 콤필터(comb filter)<sup>10)</sup> 등이 있다.

5) Cycling'74에서 개발한 소프트웨어로 음악과 멀티미디어를 위한 개발 환경을 제공하는 프로그램이다. 데이터의 연산처리 및 프로그래밍이 가능한 Max와 음향신호 및 MIDI데이터 처리가 가능한 MSP로 나누어진다. 본 연구에서는 최신 버전인 Max8를 사용한다.

6) 한정된 공간에서 발생한 소리가 주위의 장애물들에 부딪혀 반사를 되풀이 하며 그 반사음이 시간이 지남에 따라 원래의 소리가 변화되고 점점 작아지며 소리의 여운이 발생하는 음향효과이다.

7) 입력되는 소리를 녹음하여 저장한 뒤 시간의 차이를 두고 재생시켜 반복하는 음향효과이다.

8) 입력 사운드를 작은 샘플조각(grain)으로 나누어 재조합하는 소리 합성방식이다.

### ① 사운드 시스템

<Matter Flow>는 피아노 솔로 연주와 실시간 프로세싱 사운드가 함께 어우러지는 음악을 계획하였고, 이를 통하여 표현하고자 한 이미지와 사운드 효과는 <표-1>과 같다.

<표-1> 작품에 표현된 이미지와 사운드 효과

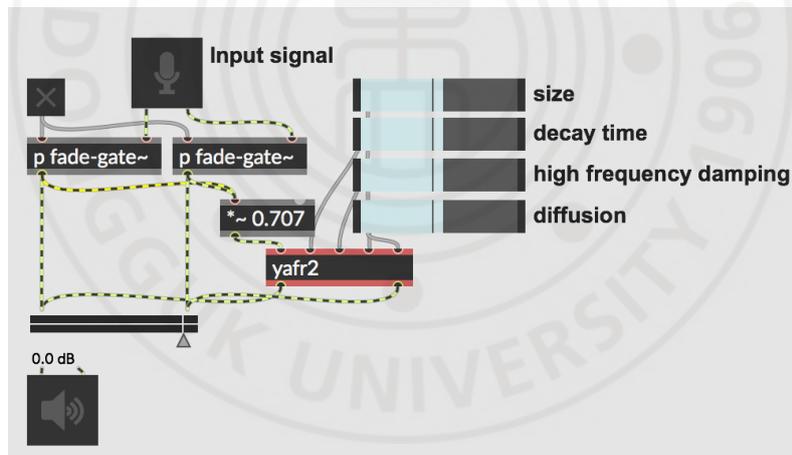
파트	이미지	사운드 효과
A 파트	물질의 생성 및 흐름	피아노 연주와 함께 채워지는 부드러운 저음역대의 소리
B 파트	물질의 응집 및 고조	피아노와 함께 여러 음역대의 음향이 함께 어우러져 연주하는 소리
C 파트	물질의 분산 및 흩어짐	긴 지속성을 가진 저음역대 소리
A' 파트	물질의 소멸 및 생성	피아노에 공간감을 더해주는 소리

- 
- 9) 입력된 사운드를 분석하고 그 데이터를 재합성하여 음의 길이나 높낮이를 변형시키는 소리 합성방식이다.
  - 10) 주파수 특성에 빗살(comb)모양이 나타나는 필터이며 빗살모양 필터라고 부른다.

## 가. A 파트

A 파트는 피아노 솔로와 컴퓨터 사운드의 합주가 시작되는 부분이다. 피아노 연주와 함께 채워지는 풍성한 공간감과 지속적으로 연주되는 부드러운 저음역대의 패드(pad)<sup>11)</sup>음향을 만들기 위해 리버브, 딜레이, 콤펙터 그리고 granular synthesis를 사용하였다.

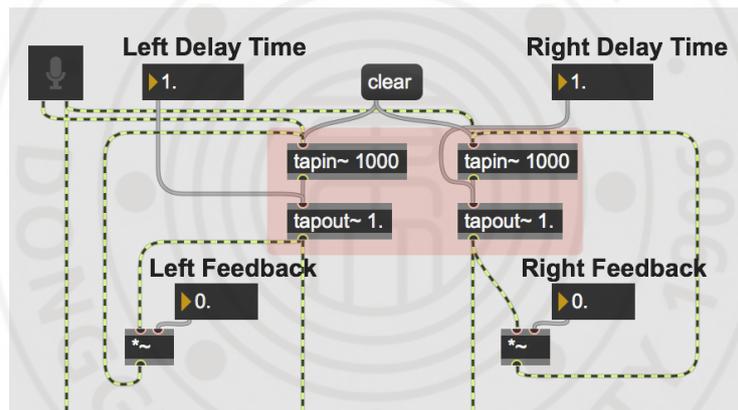
[그림-4]는 Max를 사용하여 리버브를 구현한 패치이다. 각 모듈은 size(공간의 크기), decay time(감쇄시간), high frequency damping(고주파 대역 소리의 강도), diffusion(소리의 발산)으로 구성되고, 이 파라미터들의 조정을 통하여 연주되는 피아노 소리에 풍부한 공간감을 더하여 부드러운 사운드를 만들 수 있다.



[그림-4] 리버브 음향효과를 구현한 Max 패치

11) 지속되는 코드 혹은 톤(tone)을 뜻하는 음향 기법이다.

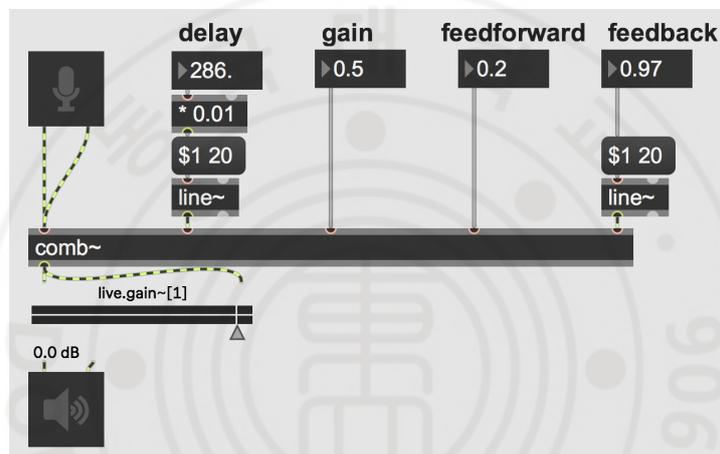
[그림-5]의 딜레이 패치는 Max의 tapin~오브젝트와 tapout~오브젝트가 사용된다. 컴퓨터는 RAM<sup>12)</sup>을 저장매체로 사용하여 입력되는 오디오 신호를 저장한다. tapin~오브젝트는 입력되는 오디오 신호를 저장하고 연속적으로 업데이트를 하는 역할을 하며 tapout~오브젝트와 연결되어 사용자가 지정한 딜레이 타임에 맞춰 사운드를 재생한다. 왼쪽과 오른쪽 신호의 딜레이 타임을 다르게 설정하여 스테레오 딜레이 음향효과를 만들 수 있다. 그리고 지연된 신호를 다시 tapin~오브젝트로 입력하여 소리가 반복되는 피드백 효과도 만들어 낼 수 있다.



[그림-5] 딜레이 음향효과를 구현한 Max 패치

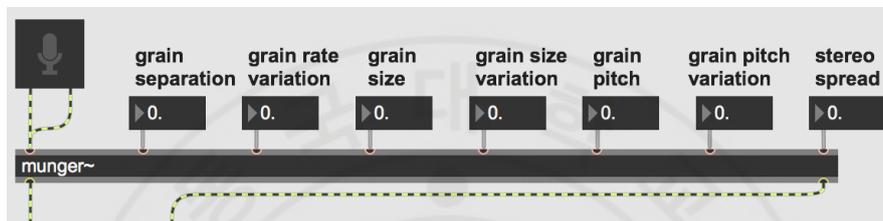
12) Random Access Memory의 약자이며 정보의 읽기와 쓰기가 가능한 휘발성 메모리이다.

[그림-6]은 콤팩터를 구현한 Max 패치이다. 콤팩터는 마이크로 수음되는 직접 음 이외에 반사음이 더해져 주파수특성이 변화하여 금속성 물질의 날카롭고 차가운 음색을 만들 수 있다. 이 작품에서는 피아노의 특정 주파수에 콤팩터가 반응하여 저음역대의 부드러운 사운드를 만들 수 있도록 각 파라미터의 설정 값을 조정하였다.



[그림-6] 콤팩터와 설정해놓은 파라미터 값들

granular synthesis란 입력되는 사운드를 작은 크기의 샘플조각(grain)으로 나누어 재합성하는 소리 합성방식이다. granular synthesis는 [그림-7]과 같이 Max의 munger~오브젝트를 사용하여 구현할 수 있고 munger~오브젝트는 7개의 파라미터를 가지고 있다.



[그림-7] munger~오브젝트를 이용한 granular synthesis 패치

munger~오브젝트의 각 파라미터가 의미하는 바는 아래 <표-2>와 같다.

<표-2> munger~오브젝트의 각 파라미터 설명

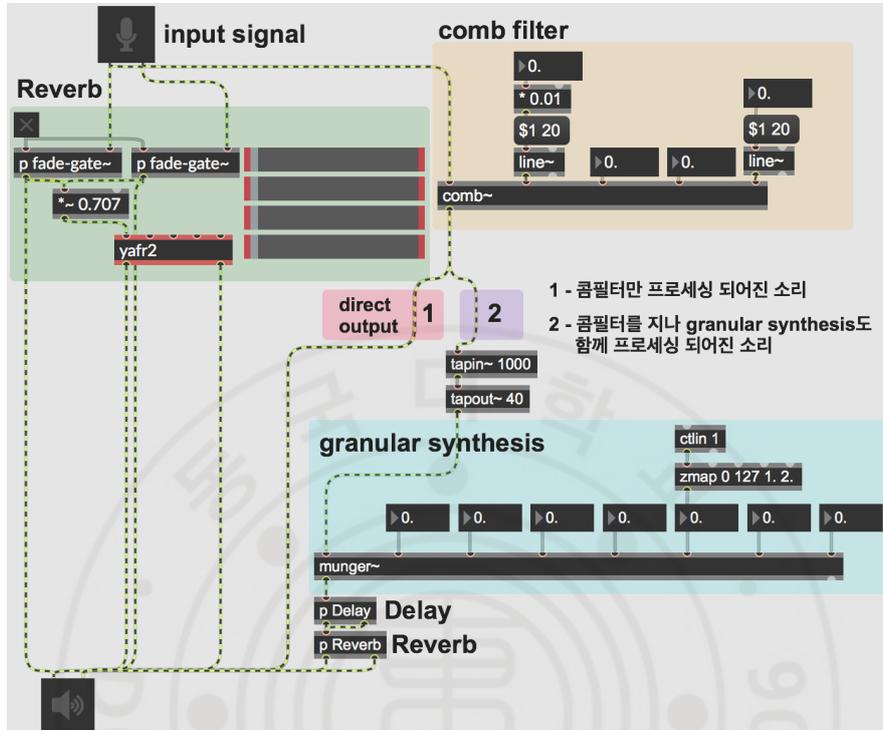
파라미터 이름	파라미터 기능
grain separation	샘플 조각의 간격
grain rate variation	샘플 조각 간격이 변화하는 값
grain size	샘플 조각의 크기
grain size variation	샘플 조각 크기의 변화하는 값
grain pitch	샘플 조각의 음정
grain pitch variation	샘플 음정이 변화하는 값
stereo spread	샘플 음들의 스테레오 이미지의 정도

munger~오브젝트의 파라미터 중 grain pitch의 값은 2의 제곱근의 값으로 입력된다. 그리고 2의 지수에 해당되는 값에 따라서 옥타브 간격으로 음정이 변화된다. 다음의 <표-3>은 grain pitch의 파라미터 값과 그에 따른 음정이다.

<표-3> grain pitch 파라미터 값과 그에 따른 음정

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

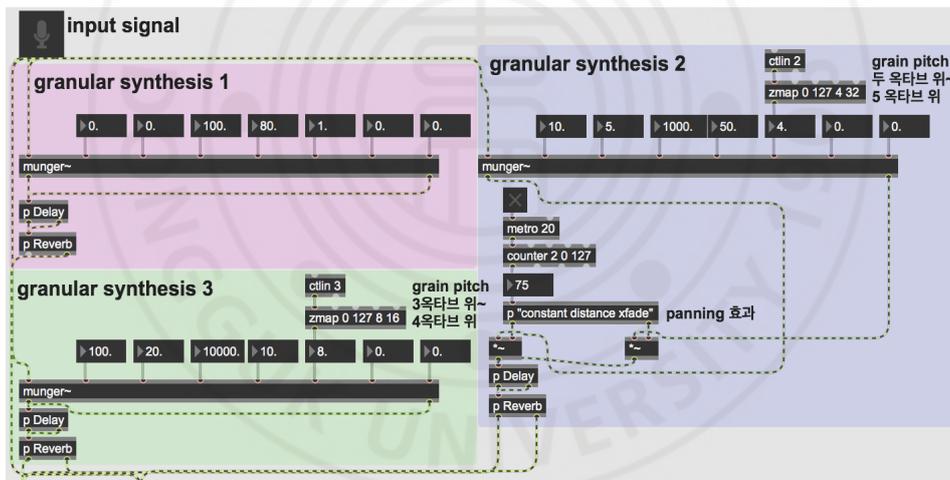
[그림-8]은 음악 A 파트에서 사용한 사운드 프로세싱 시스템이다. 입력되는 사운드 데이터는 리버브와 콤파터로 이어진다. 리버브를 통하여 피아노 연주의 공간감을 만들고 콤파터로 입력된 사운드 데이터는 다시 1번과 2번으로 출력된다. 1번은 콤파터만 적용된 사운드가 최종으로 출력되고, 2번은 콤파터를 지나 granular synthesis로 입력된다. granular synthesis로 입력된 사운드는 munger~오브젝트의 grain pitch를 원 음정에서 천천히 한 옥타브 위의 음정으로 변화시키며 사운드 프로세싱을 하였고 그 뒤에는 딜레이와 리버브를 차례로 연결하여 출력되는 사운드가 더욱 부드러운 음색을 가질 수 있도록 하였다.



[그림-8] 음악 A 파트의 사운드 프로세싱 시스템

## 나. B 파트

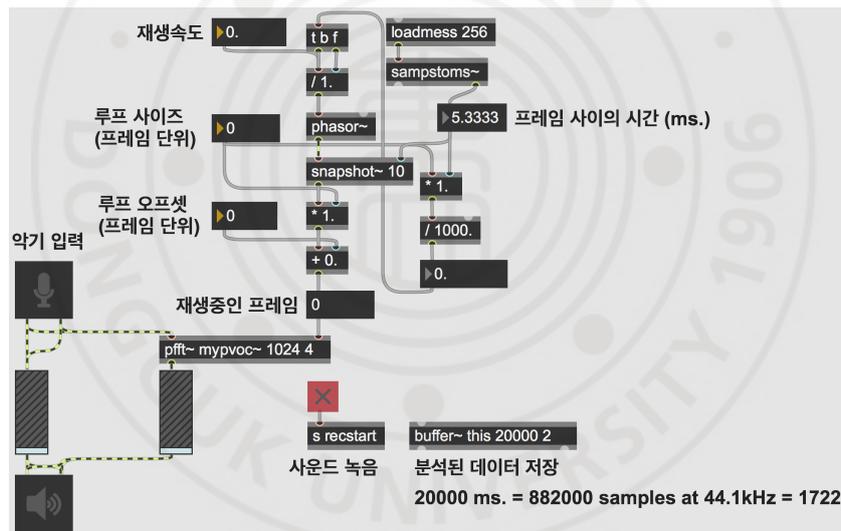
B 파트에서는 granular synthesis 그리고 phase vocoder의 사운드 프로세싱을 사용하였다. [그림-9]과 같이 3개의 granular synthesis는 grain pitch의 값을 서로 다르게 설정하여 옥타브의 변화를 주었고 granular synthesis의 각 번호순서대로 사운드 프로세싱의 음량을 천천히 올리다가 클라이맥스가 있는 부분에서 granular synthesis1, 2의 grain pitch를 급격하게 올리고 내림으로써 음악의 절정을 표현하였다. 그리고 granular synthesis2에는 패닝(panning)<sup>13)</sup> 효과를 더하여 음악의 청각적 스펙트럼을 확장시켰고 이 결과 음악 분위기의 극적인 고조와 여운을 남길 수 있었다.



[그림-9] 음악 B 파트의 granular synthesis 시스템

13) 두 개 혹은 그 이상의 스피커에서 출력되는 사운드의 상대적인 음량 차이로 사운드의 위치나 방향성을 구현할 수 있는 효과이다.

phase vocoder는 음원을 FFT<sup>14)</sup>분석하여 재조합 하는 방식으로, 샘플 음원의 높낮이를 조절하거나, 샘플 음원의 음높이를 동일하게 유지하면서 그 길이를 조절할 수 있는 소리 합성법이다. [그림-10]은 phase vocoder를 구현한 Max 패치이다. pfft~mypvoc~오브젝트는 FFT분석을 거친 데이터를 저장하고 저장된 데이터를 프레임(frame) 단위로 읽어 소리를 재생한다. 녹음 기능을 활성화 하면 입력되는 사운드 데이터가 pfft~로 입력되어 FFT분석이 되어 진 후 프레임 단위를 가진 데이터로 변환되어 buffer~오브젝트<sup>15)</sup>에 저장된 후 phasor~오브젝트<sup>16)</sup>에 설정된 값에 따라 재생속도와 재생방향이 변화한다.

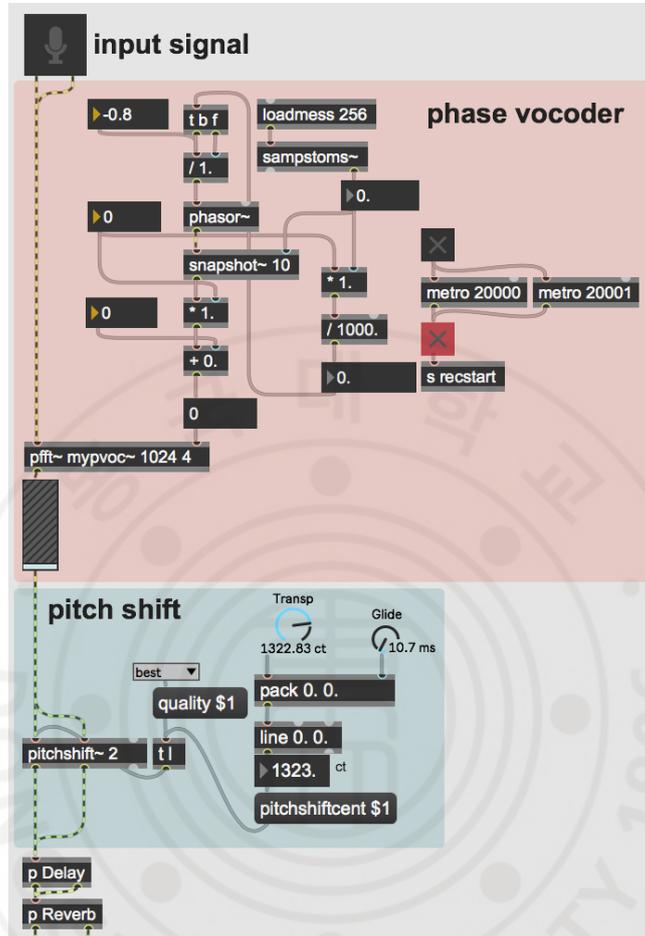


[그림-10] pfft~mypvoc~를 사용한 phase vocoder 패치

14) Fast Fourier Transform의 약자이며 우리말로로는 고속 푸리에 변환이다. 시간 영역의 사운드 데이터를 주파수 영역으로 옮겨서 구성하고 있는 주파수를 분석할 때 사용한다.

15) 컴퓨터 메모리에 오디오 샘플을 저장하는 공간이다.

16) 튜닝파형을 만들어 내는 오브젝트로 왼쪽 인렛으로 들어가는 숫자 데이터가 1초 동안 0에서 1까지 몇 번 반복하느냐를 결정한다.



[그림-11] 음악 B 파트의 phase vocoder 시스템

[그림-11]은 음악 B 파트에서 사용한 phase vocoder 시스템이다. phase vocoder의 재생속도를  $-0.8$ 로 설정하여 입력되는 사운드를 역방향으로 재생하고 pitchshift~오브젝트로 연결하여 음높이를 높였다. 이렇게 출력된 소리를 더 부드럽게 만들기 위하여 딜레이, 리버브를 순서대로 연결한 뒤 최종 출력하였다.

#### 다. C 파트

C 파트에서는 클라이맥스가 지난 뒤 물질의 분산과 흩어짐을 표현하기 위해 사운드 프로세싱이 없는 피아노 솔로 연주로 시작하여 고조된 음악의 분위기를 잠잠하게 가라앉혔다. 차분한 분위기를 위하여 granular synthesis의 grain pitch를 0.5로 설정하여 한 옥타브 낮은 프로세싱 사운드의 사용으로 두터운 베이스 음향을 만들었다. C 파트의 후반 부분에 작은 클라이맥스를 표현하기 위하여 앞서 [그림-8]의 comb~오브젝트를 지나 granular synthesis로 이어지는 사운드 프로세싱을 다시 사용하였다.

#### 라. A' 파트

음악의 마지막 부분에 해당하는 A' 파트에서는 제목 <Matter Flow>의 의미인 물질의 생성과 소멸 그 무한한 반복의 이미지를 표현하기 위해 선율 또한 다시 처음을 반복하듯이 초기 악곡 진행과 유사한 멜로디를 사용하였다. 그리고 앞서 사용한 사운드 프로세싱을 모두 줄이고 오직 리버브 만을 사용하여 종결의 느낌을 표현하였다.

## 2) 영상 구성

### ① 영상 시스템

영상시스템을 구현하기 위하여 세 개의 영상 소프트웨어 프로그램을 사용하였다. 사운드 데이터를 받아 실시간으로 음악과 상호작용이 되는 영상물의 제작을 위해 프로그래밍 기반의 영상 제작 응용 프로그램인 Processing<sup>17)</sup>과 영상물 콘텐츠를 제작할 수 있는 After Effect<sup>18)</sup>를 사용하였다. 그리고 영상의 믹싱과 배치를 위한 프로그램으로 Arena<sup>19)</sup>를 사용하였다. Arena는 영상의 배치, 믹싱 그리고 OSC<sup>20)</sup> 데이터의 입력을 지원하기 때문에 사운드와의 상호작용 시스템을 만드는 것이 가능하며 실시간으로 생성되는 Processing의 영상을 Arena로 입력하기 위해 Syphon<sup>21)</sup>을 사용하였다.

음악과 영상의 상호작용 시스템은 먼저 피아노 연주의 실시간 사운드 프로세싱으로부터 출력된 사운드 데이터를 Max로 받아서 Processing과 Arena로 전송한다. Processing에서는 전송받는 사운드 데이터를 코드 내에서 변수로 설정하여 영상에 실시간 변화를 주었고 Arena로 전송된 사운드 데이터는 Arena 영상 이펙트의 파라미터를 조절하게 하였다. 이렇게 음악에 상호작용하는 영상은 프로젝트를 통해 스크린에 투사된다.

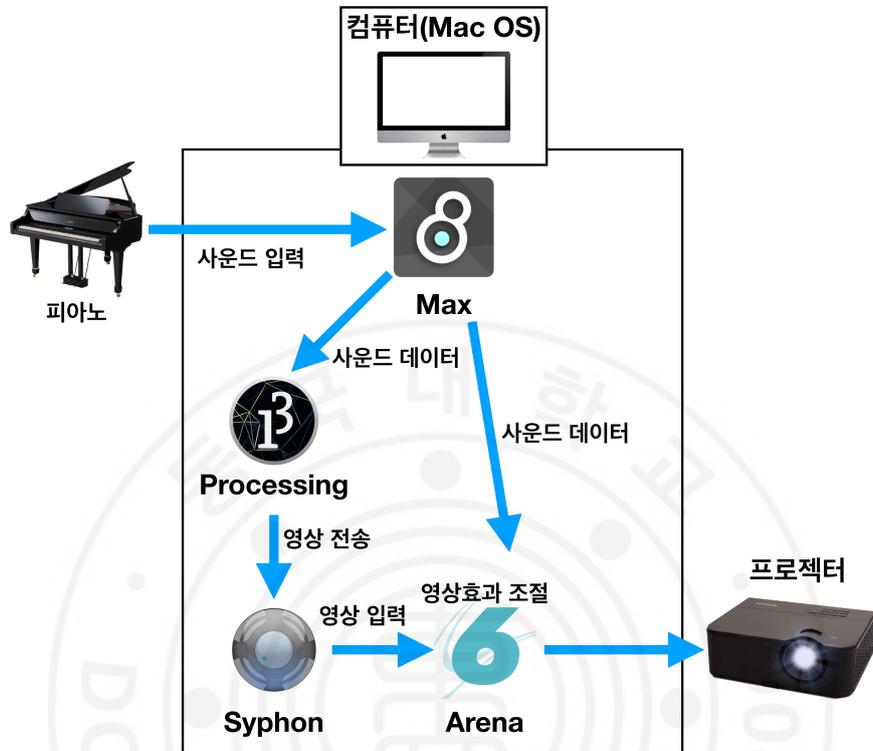
17) 자바 언어를 기반으로 만들어진 애니메이션과 이미지, 사운드를 프로그래밍 할 수 있는 언어이자 환경이다.

18) 어도비 시스템즈가 개발한 디지털 모션 그래픽 및 합성 소프트웨어이다. 영화의 비선형 영상 편집이나 광고 제작, TV, 게임, 애니메이션, 웹 등의 콘텐츠 제작에 쓰인다.

19) Resolume사에서 제작한 프로그램으로 영상과 사운드의 결합형 프로그램으로 발전하고 있으며 쉽게 사용할 수 있는 다양한 영상효과를 제공한다.

20) UC Berkeley의 CNMAT에서 사운드 데이터의 전송을 위해 개발된 네트워크를 이용한 통신규약이다.

21) 응용 프로그래머의 영상 프레임이 서로 공유할 수 있게 해주는 Mac OS기반의 오픈소스이다.

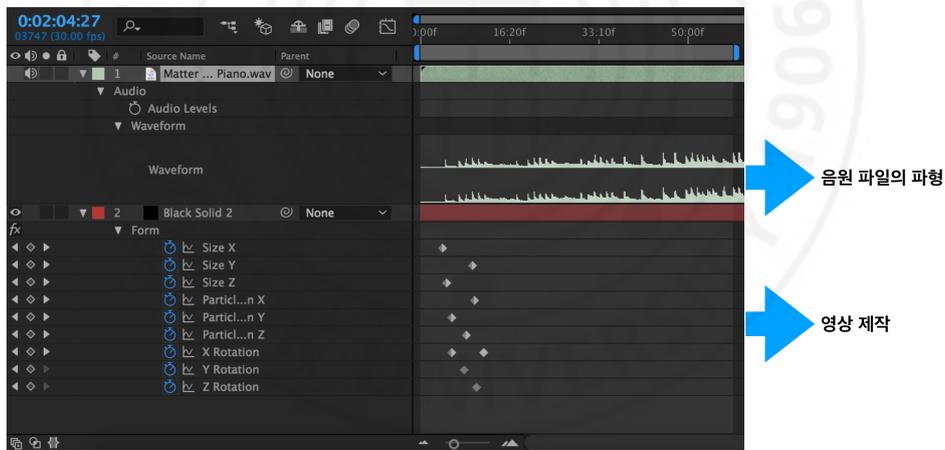


[그림-12] 영상 시스템 구성도

[그림-12]는 <Matter Flow>의 영상 시스템 구성도이다. 피아노의 연주의 사운드 데이터가 컴퓨터에 입력되면 컴퓨터에서 설계되어 있는 사운드 시스템이 입력받은 오디오 신호를 데이터의 형태로 바꾼 후 영상 프로그램으로 전송한다. Processing으로 전송된 데이터는 Processing 코드 안에 설정되어진 변수들의 값을 변화시키고 음악과 영상의 인터랙션 작용에 사용된다. 음악과 인터랙션 하는 Processing 영상은 Syphon을 통해 Arena로 전송되어 영상의 제어 및 투사가 이루어진다. After Effect로 제작된 영상은 작품의 전체 시나리오에 맞춰 Arena프로그램 안에 적절히 배치한 뒤 Arena의 영상 이펙트를 사운드 데이터와 연동하여 음악과 실시간 인터랙션이 이루어지도록 하였다.

## ② After Effect를 활용한 영상제작

After Effect를 활용하여 작품을 위한 영상을 미리 제작하였다. 음악의 구성에 따라 영상의 시나리오를 만든 뒤 [그림-13]과 같이 After Effect 프로그램 안에 <Matter Flow>의 녹음된 음원 파일을 로드 하였다. 그리고 음악을 들으며 구성해 놓은 영상 시나리오에 알맞은 형태를 가진 영상을 제작하였다. 녹음된 음원과 실제 연주하는 음악 사이의 시간적 변화는 크지 않기 때문에 대략적인 영상의 길이를 생각하여 음악에 어울리는 영상을 효과적으로 제작할 수 있었다. After Effect로 만들어진 영상을 Arena 프로그램 안에 배치하여 피아노 연주의 음량 값을 Arena 영상 이펙트와 연동하여 음악과 영상의 인터랙션을 하였다.



[그림-13] After Effect를 활용한 영상제작

### ③ Processing을 활용한 영상제작

Processing은 텍스트 기반의 프로그램이기 때문에 컴퓨터의 리소스를 적게 사용하고 OSC 통신을 사용하여 영상의 실시간 제어가 가능하다. 음악과 Processing 영상의 실시간 인터랙션을 위해 Processing 코드에 변수<sup>22)</sup>를 설정하고 음악의 사운드 데이터를 변수와 연동시켜 실시간으로 반응하는 영상을 제작하였다. [그림-14]와 같이 코드의 첫줄에 변수를 선언하고 그려질 도형의 선의 폭 부분을 변화시키기 위하여 선의 폭을 그려주는 함수인 `strokeWeight`의 인수 안에 변수를 넣어주었다. 그다음 피아노 연주의 사운드 데이터를 OSC 통신을 이용하여 지정한 변수로 송신하게 되면 피아노 연주와 실시간으로 상호작용하는 Processing 영상을 만들 수 있다.

```
float data1; 변수 선언
void setup(){
  background(0);
  size(1920,1080,P3D);
}
void draw(){
  background(0);
  angle+= 3.0;
  stroke(255,255);

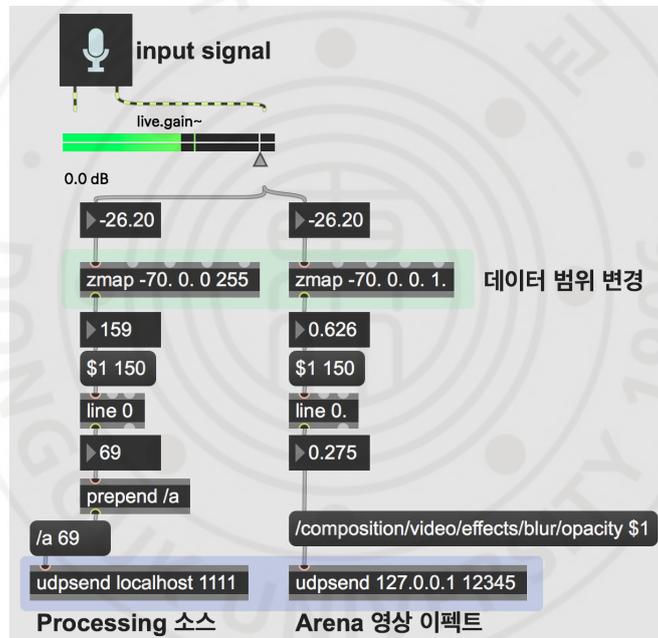
  translate(width/2, height/2);
  for(int i=1; i < NUM_LINES; i++){
    strokeWeight(data1); 변수에 의해 선의 폭이 변화한다
    point(x(t+i), y(t+i));
    point(x2(t+i), y2(t+i));
    strokeWeight(0.000001);
```

[그림-14] Processing 영상제작 코드 예시

22) 데이터가 저장되는 컴퓨터 메모리상의 특정 위치(메모리 주소)를 가리키는 명령된 지시자 (named pointer)로 값을 기억하는 기능 외에도 그 값들이 달라지게 변경할 수 있다.

#### ④ OSC 통신을 이용한 실시간 영상제어

Processing에서 만들어진 영상에 사운드 데이터를 실시간으로 입력하고 After Effect로 제작한 영상에 Arena 영상 이펙트를 연동하기 위해서 OSC 통신을 사용한다. [그림-15]는 Max에서 피아노 연주의 실시간 사운드 데이터를 입력 받은 뒤 OSC 통신을 이용하여 Processing과 Arena로 데이터를 전송해주는 패치이다.



[그림-15] OSC 통신을 이용한 실시간 영상제어 패치

피아노로부터 입력되는 사운드 데이터를 다시 Processing과 Arena의 영상 이펙트로 전송한다. 사운드 데이터를 영상 제어를 위하여 전송할 때에는 영상 제어 파라미터에 적절한 값으로 바꿔주는 과정이 필요하다. 이를 위하여 Max의 zmap오브젝트<sup>23)</sup>를 이용하여 사운드 데이터의 입력 범위인 -70.0에서 6.0의 값을 영상 파라미터에 값에 알맞은 범위로 조절하였다. 그리고 실시간으로 빠르게 변화하는 사운드 데이터를 영상의 인터랙션에 부드럽게 적용하기 위하여 line오브젝트<sup>24)</sup>를 사용하였다. line오브젝트의 위에 램프타임을 설정하여 입력되는 데이터 값이 150ms(millisecond)<sup>25)</sup>의 속도를 가지고 부드럽게 변화하게 하였다. 이렇게 변경된 데이터들을 udpSend오브젝트<sup>26)</sup>를 사용하여 Processing과 Arena로 전송하였다. udpSend오브젝트는 통신할 주소와 포트<sup>27)</sup>번호(port number)를 지정해 주어야 한다. 이 작품의 경우에는 사용하고 있는 한 대의 컴퓨터 내부에서 이루어지는 통신이기 때문에 통신주소를 localhost<sup>28)</sup> 혹은 127.0.0.1로 지정하고 전송하고자 하는 영상마다 각각의 고유한 포트번호를 지정하여 데이터의 목적지를 구별하였다.

Processing은 udpSend오브젝트의 데이터를 수신하기 위해 OSC 통신 기능을 제공하는 oscP5 라이브러리를 사용한다. [그림-16]과 같이 Processing 코드 본문에 oscP5라이브러리를 불러오고 OSC 데이터를 수신할 주소와 포트를 설정한다. 사용하고 있는 컴퓨터 내부에서의 통신은 127.0.0.1의 localhost IP주소를 사용한다. 전송되는 데이터들을 독립적 분리하기 위하여

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

24) 사용자가 지정된 시간(ramp time)의 일정한 간격으로 숫자데이터를 A에서 B까지 이동하게 하는 오브젝트이다.

25) millisecond(밀리세컨드 혹은 밀리초)는 천분의 1초를 가리키는 말이다.

26) 네트워크를 통해 데이터를 송신할 때 사용되는 오브젝트이다. OSC 데이터가 호환되는 UDP(User Datagram Protocol)의 약자이다.

27) 컴퓨터 안에서 데이터의 입·출력을 위한 통로를 의미한다.

28) 컴퓨터 네트워크에서 자신의 컴퓨터를 의미하는 호스트명이다.

Max의 `prepend`오브젝트<sup>29)</sup>를 사용하여 송신하는 데이터 앞에 조건문을 지정한 뒤 송신한다. Processing에서 수신하는 데이터를 변수로 지정해 주면 실시간으로 생성되는 Processing 영상의 특정 파라미터에 OSC 통신을 이용하여 전송된 사운드 데이터로 음악과 영상의 실시간 인터랙션을 만들 수 있다.

```

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

int data1;

void setup(){
    size(1920,1080,P3D);

    oscP5 = new OscP5(this,1111);
    myRemoteLocation = new NetAddress("127.0.0.1",1111);
}

void draw(){
    background(data1);

    void oscEvent(OscMessage myMessage) {
        if(myMessage.checkAddrPattern("/a")==true){
            data1 = myMessage.get(0).intValue();
        }
    }
}

```

**oscP5 라이브러리 입력**

**변수 선언**

**OSC데이터를 받을 주소, 포트 설정**

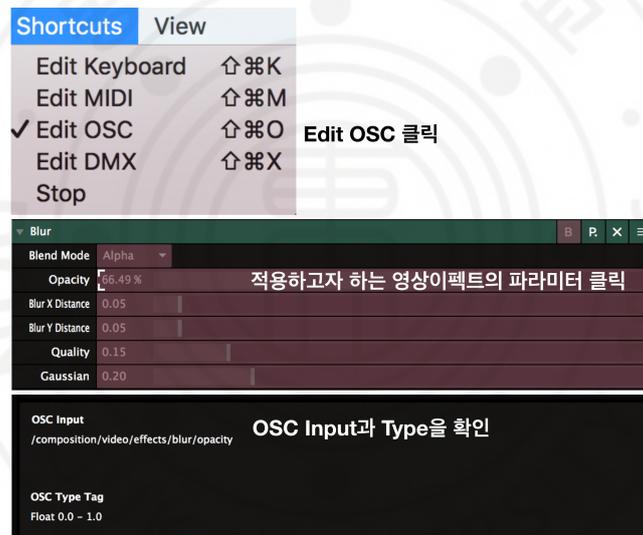
**변수 입력**

**OSC통신으로 수신받을 데이터의 조건 설정**

[그림-16] OSC 통신을 위한 oscP5 예시

29) 입력되는 데이터에 지정된 메시지나 숫자를 붙여서 출력하는 오브젝트이다.

Arena 프로그램의 영상 이펙트로 사운드 데이터를 송신할 때에는 먼저 영상에 적용하고자 하는 Arena 영상 이펙트를 설정한다. 그리고 [그림-17]과 같이 Arena 프로그램 상단의 Shortcuts메뉴를 클릭하여 Edit OSC로 설정한 뒤 변화를 주고자 하는 영상 파라미터를 클릭하면 OSC Input과 OSC Type을 확인 할 수 있다. OSC Input을 목적지로 하여 OSC Type에 주어진 알맞은 값으로 사운드 데이터를 변환하여 송신하면 피아노 연주의 사운드에 반응하는 영상을 만들 수 있다.

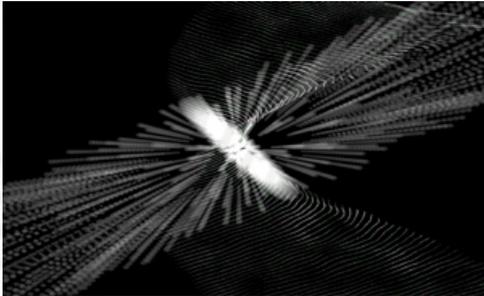
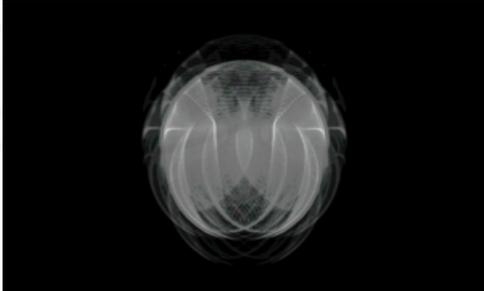


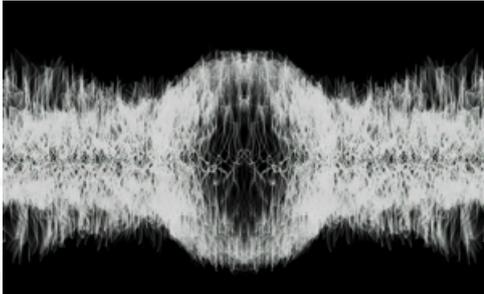
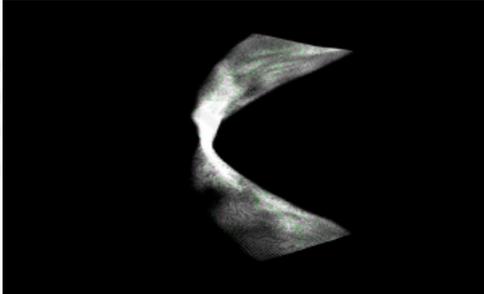
[그림-17] Arena 프로그램의 OSC 통신

### ⑤ 사운드 프로세싱 데이터와 영상의 실시간 인터랙션

<Matter Flow>는 모두 6개의 영상소스를 사용하였고 사운드와의 인터랙션이 없는 2개의 영상과 인터랙션이 있는 4개의 영상으로 구성하였다. 피아노의 실시간 연주를 수음 받고 입력되는 음량 값을 이용하여 음악과 영상의 실시간 인터랙션을 적용한다. 다음 <표-4>는 이 작품에 사용된 실시간 인터랙션 영상 소스이고 이어서 피아노의 실시간 입력 사운드와 영상의 인터랙션을 설명하였다.

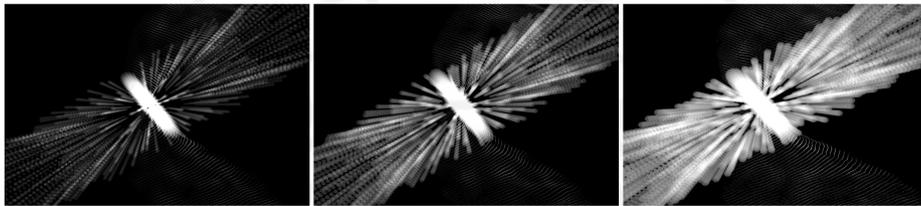
<표-4> 음악과 인터랙션이 있는 영상 소스

번호	이미지
영상 1	
영상 2	

번호	이미지
영상 3	
영상 4	

### 가. 영상 1

<표-4>의 영상 1번 이미지는 생성되어 흩어지는 물질의 흐름을 표현한다. 이 영상은 Processing을 이용하여 만들었고 원 모양의 작은 개체들이 모여 특정한 규칙에 따른 타원형의 모양으로 움직인다. 원 모양의 개체들은 음악의 시나리오에 맞춰 그 움직임을 제어하였고 피아노의 음량 값에 따라서 개체의 선 테두리의 굵기를 변화시켰다.

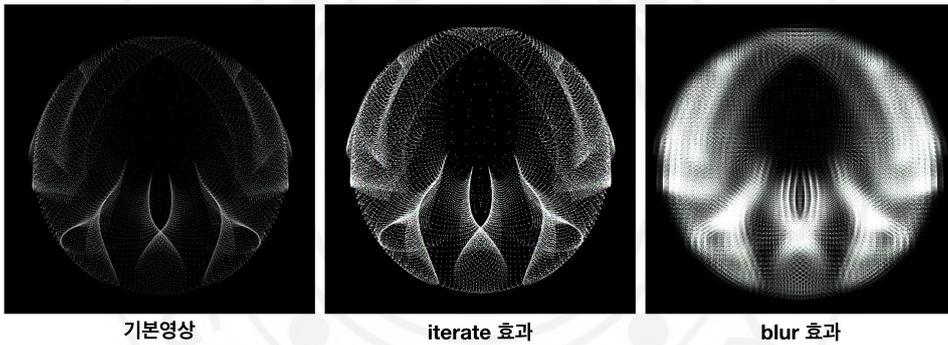


개체의 선 테두리 굵기가 굵어짐

[그림-18] 피아노의 음량 값에 따른 영상 소스의 변화

## 나. 영상 2

<표-4>의 영상 2번 이미지는 After Effect를 이용하여 제작하였다. 음악의 형식으로는 B부분에 해당하고 물질의 응집 및 고조를 이미지로 표현하기 위해서 몇 개의 선 들이 음악에 맞춰 움직이며 점점 원을 만들어간다. 피아노의 음량 값에 효과적으로 반응하는 영상을 만들기 위하여 Arena의 blur<sup>30)</sup>, iterate<sup>31)</sup> 영상 이펙트를 사용하였다. 연주자가 건반을 누르는 세기에 따라서 [그림-19]와 같이 iterate이펙트가 적용되어 원의 테두리가 더 선명하고 반짝거리며 blur이펙트가 적용되어 부드럽게 펼쳐지는 모양이 만들어진다.



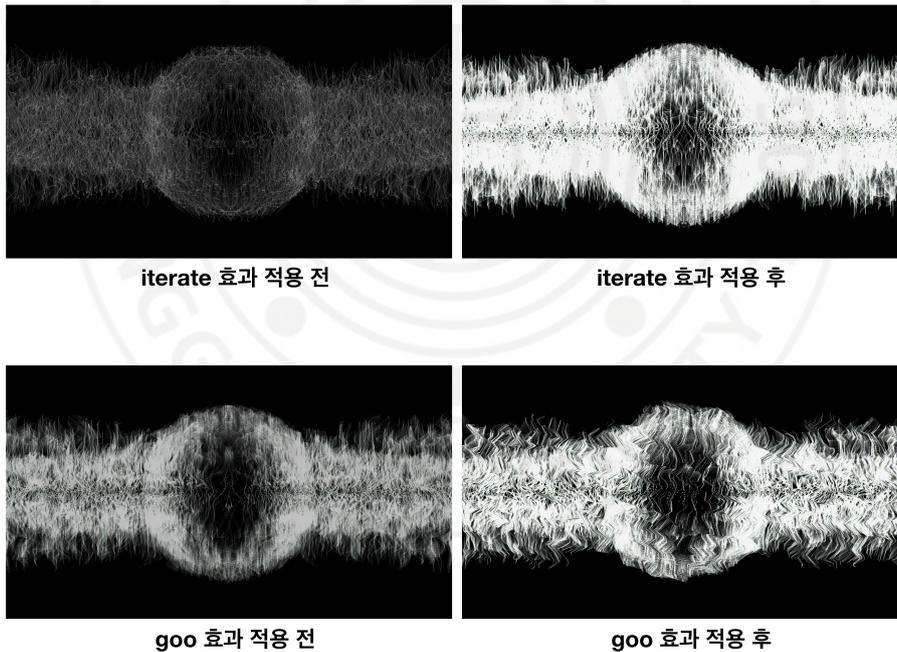
[그림-19] 건반의 세기에 따른 영상 이펙트 효과

30) 영상물을 흐릿하게 만드는 효과.

31) 영상물을 밝고 선명하게 만드는 효과.

### 다. 영상 3

<표-4>의 영상 3번은 이 작품의 클라이맥스 영상으로 물질의 응집과 고조를 지나 뭉쳐진 에너지가 폭발하듯 스크린의 좌우로 넓게 퍼진다. 이 영상소스는 After Effect로 제작하였고, 피아노의 음량 값에 영상의 opacity<sup>32)</sup>가 변화되고 피아노의 글리산도(glissando)<sup>33)</sup> 주법이 나올 때에는 Arena의 iterate, goo<sup>34)</sup> 영상 이펙트를 사용하여 영상이 선명해지며 좌우로 떨리게 하였다. 피아노의 글리산도 주법이 음악의 분위기를 극적으로 몰아가고 이에 영상이 좌우로 떨리는 모습을 나타내어 작품의 클라이맥스를 효과적으로 표현할 수 있었다.



[그림-20] 클라이맥스 부분의 영상 이펙트 효과

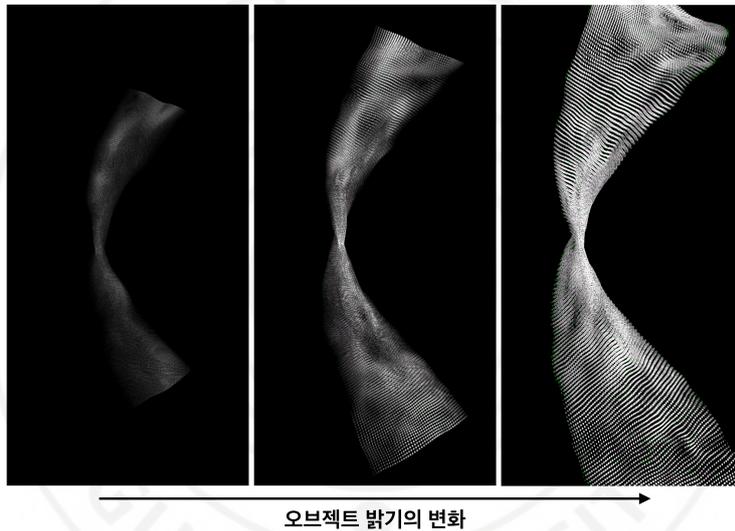
32) 영상의 불투명도.

33) 피아노에서 비교적 넓은 음역을 빠르게 미끄러지듯 소리를 내는 연주법.

34) 영상물을 x, y, z축으로 흔들리게 설정할 수 있는 효과.

#### 라. 영상 4

<표-4>의 영상 4번은 이 작품의 마지막 영상으로써 음악은 처음 시작의 음형 및 음정과 비슷하게 제시되며 종결된다. 영상도 이와 마찬가지로 가장 처음에 나온 영상과 비슷한 모습의 영상소스를 After Effect로 만들었고 피아노의 음량 값에 따라 opacity가 변화하도록 설정하여 음악과 실시간 인터랙션을 적용하였다.



[그림-21] 음량 값에 반응하는 마지막 영상

## 2. 멀티미디어음악 작품 <Matter Flow>

소리 시각화 연구를 적용한 멀티미디어음악 작품 <Matter Flow>는 2018년 11월 10일 동국대학교 이해랑예술극장에서 한국멀티미디어학회(SIMM) ‘보는 소리, 듣는 영상 XV’ 공연에서 초연되었다.

### 1) 작품 소개

<Matter Flow>의 초기 아이디어는 끊임없이 순환하는 물질에서 시작하였다. 순환하는 물질의 이미지를 떠올려 보았을 때 착상한 생각들은 형태의 가변성, 뚜렷하지 않은 외적 모양, 물질의 순간적인 인상들이었다. 이러한 작품의 특징을 음악과 영상으로 표현하고 인터랙션 시스템을 구현하여 멀티미디어음악 작품을 제작하였다.

#### ① 음악

<Matter Flow>는 음악사적으로 인상주의<sup>35)</sup> 음악의 스타일로 작곡하여 A-B-C-A'의 형식으로 구성하고 기-승-전-결의 흐름으로 전개하였다. 선법<sup>36)</sup>을 사용하여 음악을 표현하고 시작부터 종결까지 점점 밝아지는 이미지로 만들었다. 다음 <표-5>은 작품의 음악 구성과 의미를 정리한 것이다.

35) 19세기 후반에서 20세기 초기에 걸쳐 프랑스를 중심으로 유럽에서 일어난 음악의 한 경향. 전통적인 화성에서 벗어나 다양한 음색을 나타내던 것으로, 각각 다른 악음의 색채감을 중시하여 순간적인 감정이나 분위기를 강조하였다.

36) 중세 유럽의 교회 음악의 기초를 이룬 선법. 그레고리오 성가에 쓰인 음의 소재를 그 음역과 중지음으로 구별 및 분류하여 그 음을 정리하고 단계적으로 배열한 것이다.

<표-5> 음악 구성

구성	A	B	C	A'
시간	00:00~01:58	01:58~03:40	03:40~05:33	05:33~06:23
의미	물질의 생성 및 흐름	물질의 응집 및 고조	물질의 분산과 흩어짐	물질의 소멸 및 생성

A 부분은 차분하고 조용한 느낌으로 피아노의 높은 음역대에서 악곡을 시작한다. B 부분은 클라이맥스로 향하는 시작점으로써 전진하는 느낌을 담기 위하여 베이스에 셋잇단음표를 사용하였다. 클라이맥스에서는 최고조에 도달한 응집된 에너지가 분산됨을 표현하기 위해서 양손이 화성적 음형을 포르티시모(fortissimo)<sup>37)</sup>로 연주한 뒤 다시 강한 셈여림으로 스케일을 연주한다. C 부분에서는 절정을 지나고 다시 차분함을 되찾는 분위기를 표현하였고 마지막 A'부분에서는 작품의 처음 시작과 같은 느낌으로 되돌아가 악곡이 종결된다.

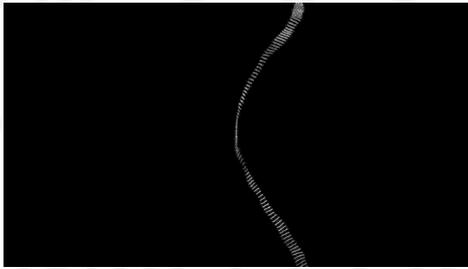
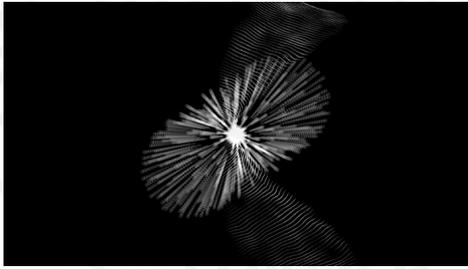
피아노 연주의 실시간 사운드 프로세싱은 A 부분의 중간에서부터 서서히 시작되며 클라이맥스로 향하는 B 부분에서는 프로세싱 사운드와 피아노의 소리가 활발하게 같이 연주되고 악곡의 종지부분에서는 작은 음량의 사운드 프로세싱 소리가 함께 연주되며 작품을 종결한다.

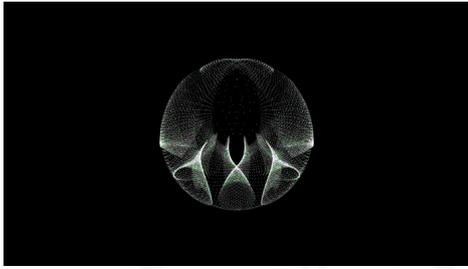
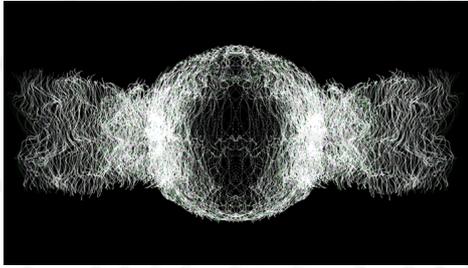
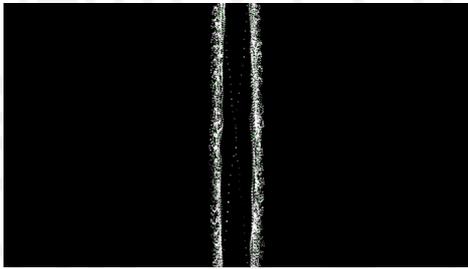
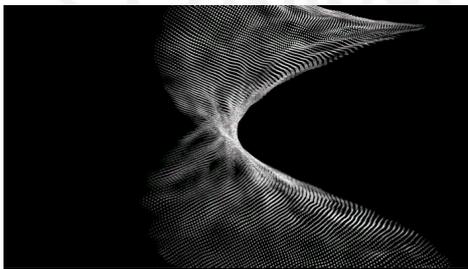
37) 악보에서 매우 세게 연주하라는 용어.

## ② 영상

<Matter Flow>에 사용된 영상은 총 6개이다. 각 영상은 음악의 시나리오와 함께 전개된다. <표-6>은 작품에서 사용한 6개의 영상소스와 그 의미를 정리하였다.

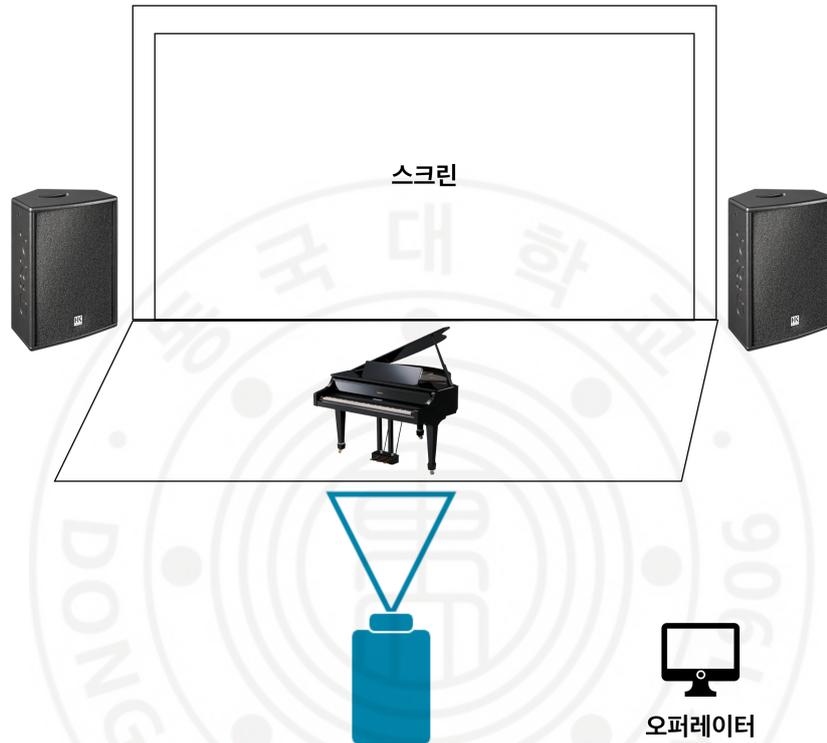
<표-6> 영상 구성과 의미

영상 구성	이미지	의미
A-1		물질의 태동
A-2		물질의 생성과 움직임

B-1		물질의 응집과 고조
B-2		물질의 최고조 에너지의 확산
C		물질의 소멸 및 재생성
A'		물질의 흐름 및 끊임 없는 순환

A-1 영상은 물질의 태동을 표현하였다. 처음에는 세로의 얇은 선으로 나타났지만 시간이 지날수록 양 옆으로 퍼져 이동하기 시작한다. 그리고 그 가운데 원형의 영상이 나타나고 점점 사선의 타원형 모습으로 퍼지며 물질의 생성과 퍼짐 그리고 흐름을 묘사한다. B-1 은 클라이맥스로 향하는 부분으로써 물질이 강력한 하나의 덩어리로 응집되는 부분을 표현한다. 이 영상은 음악에 맞춰 춤을 추는 모습으로 움직이며 점점 하나의 원 모양을 만들어 간다. B-2 부분은 클라이맥스 부분으로 하나로 뭉쳐진 에너지가 양 옆으로 폭발하는 모습을 표현한다. C 부분은 클라이맥스 이후 자취를 감추었던 물질이 다시 생성되어 흩어지고 마지막 A' 부분은 처음의 A-1 영상과 비슷한 모습으로 그려지며 끊임없이 순환하는 물질의 흐름을 암시하고 종결을 맺는다.

### ③ 공연 시스템



[그림-22] 공연 시스템 구성도

피아노의 음량을 마이크로 수음 받은 뒤 컴퓨터로 입력한다. 컴퓨터로 입력된 피아노의 사운드 데이터는 컴퓨터 안에 설계된 영상 시스템과 연동되어 인터랙션을 한다. 피아노의 소리와 사운드 프로세싱이 이루어진 소리는 함께 공연장의 스피커로 출력된다. 공연장에서 피아노의 위치는 중앙으로 배치하였고 실시간 컨트롤은 객석 뒤쪽에서 하였다.

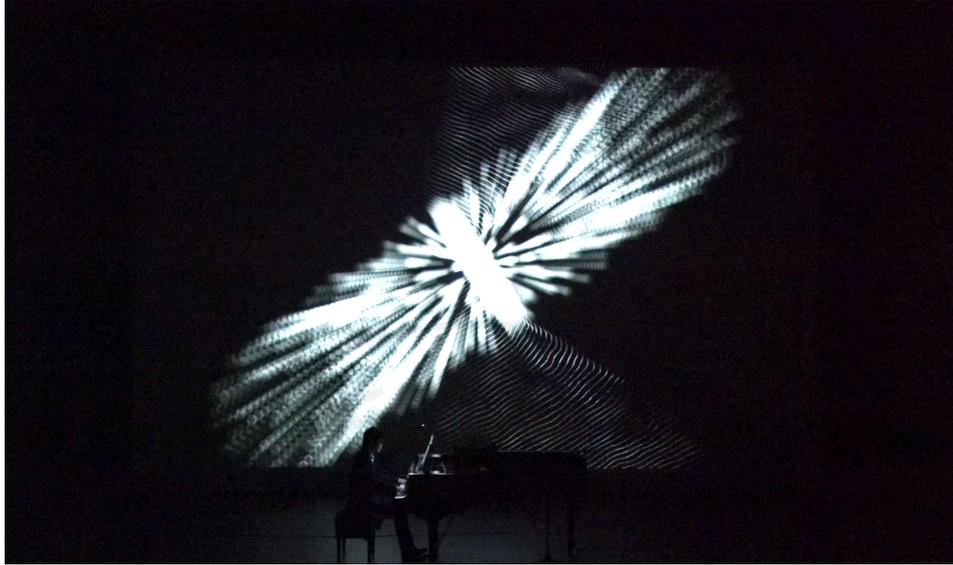
## 2) 작품에서의 연구 기술 적용

### ① A 파트

<표-7> A 파트 구성

시간	00:00 ~ 01:58
의미	물질의 생성 및 흐름
사운드 프로세싱	comb filter, granular synthesis
영상	A-1, A-2
영상효과	radial blur

여린 세기의 썸머림으로 피아노의 높은 음역에서부터 하행하는 선율로 악곡이 시작된다. 처음에는 사운드 프로세싱 없이 음악이 시작되며 약 20초 후부터 콤팩트의 사운드 프로세싱 소리가 나온다. 콤팩트는 Max의 comb~오브젝트의 파라미터 값을 조정함에 따라서 피아노의 특정 주파수 영역에 사운드 프로세싱이 강하게 반응하도록 만들 수 있다. 이러한 사운드 효과를 적절하게 이용하였고 수음되는 피아노의 음량은 영상과 연동되어 투사되는 영상의 opacity를 변화시켰다. 그리고 콤팩트의 출력 신호를 granular synthesis에 연결하여 grain pitch를 원래의 음정에서 한 옥타브 위까지 천천히 올리며 B파트로 음악을 자연스럽게 연결시켰다.



[그림-23] A 파트의 실제 공연장 촬영 영상 캡처

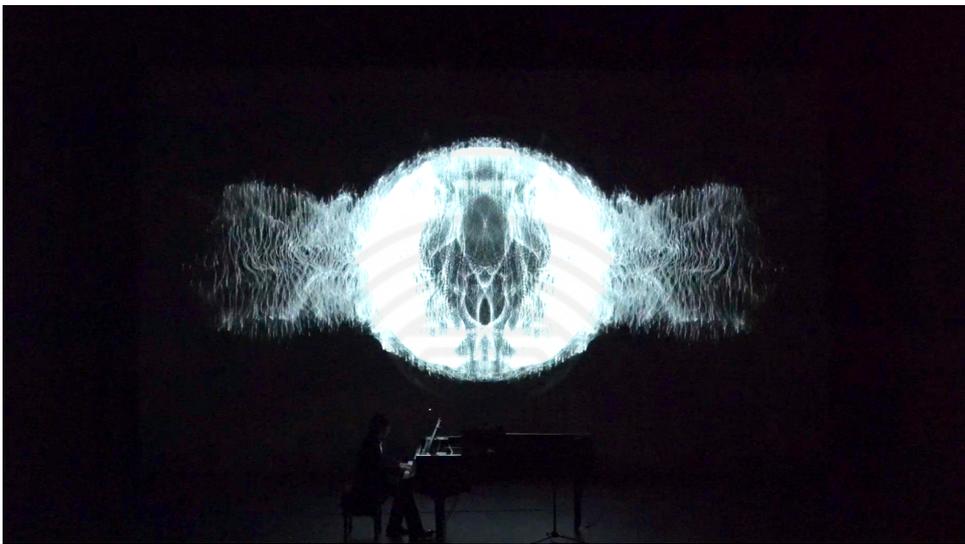
## ② B 파트

<표-8> B 파트 구성

시간	01:58 ~ 03:40
의미	물질의 응집 및 고조
사운드 프로세싱	granular synthesis, phase vocoder
영상	B-1, B-2
영상효과	iterate, blur, goo

B 파트는 클라이맥스로 향하는 부분이다. 표류하던 물질이 하나의 덩어리로 응집되고 흩어져 있던 에너지가 모이는 것을 표현하기 위하여 3개의 granular synthesis와 phase vocoder를 사용하였다. granular synthesis의 각 grain pitch를 원음의 한 옥타브 위, 두 옥타브 위, 세 옥타브위로 설정하여 사운드

프로세싱을 하였고 음악이 진행함에 따라 음량을 천천히 올려서 긴장과 고조의 느낌을 표현하였다. 클라이맥스 부분에서는 3개의 granular synthesis와 함께 phase vocoder를 사용하였다. 영상은 피아노의 음량 값에 따라 opacity를 변화시켰다.



[그림-24] 실제 무대에서의 클라이맥스 영상 효과

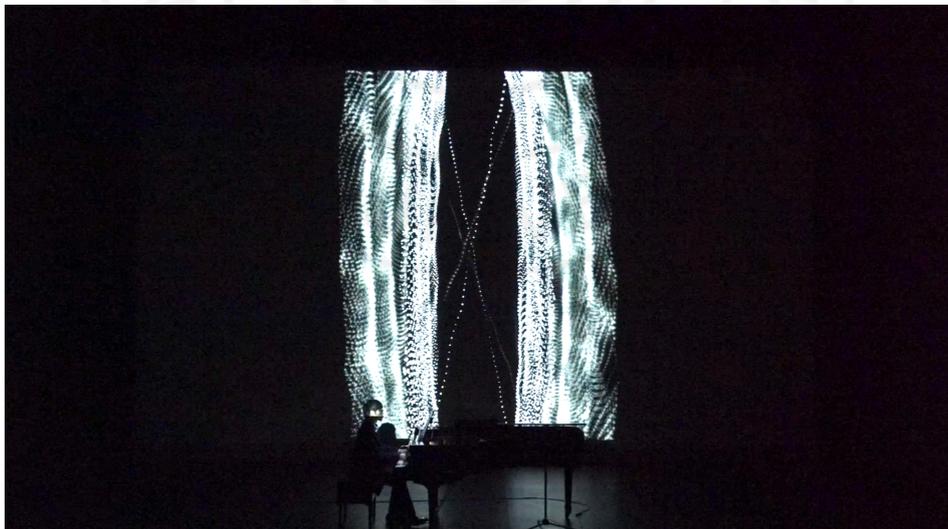
### ③ C 파트

C 파트는 클라이맥스가 끝나고 다시 차분한 분위기의 음악으로 돌아온다. 종결로 가기 전 악곡의 마무리를 위한 부분이다.

<표-9> C 파트 구성

시간	03:40 ~ 05:33
의미	물질의 분산 및 흩어짐
사운드 프로세싱	comb filter, granular synthesis
영상	C
영상효과	iterate, blur

이 부분에서는 granular synthesis의 grain pitch를 한 옥타브 아래로 사용하여 베이스 음향에 풍성함을 더하고 안정감을 주었다. 사운드 프로세싱은 콤필터와 granular synthesis를 함께 사용하여 작은 클라이맥스를 표현하였다.



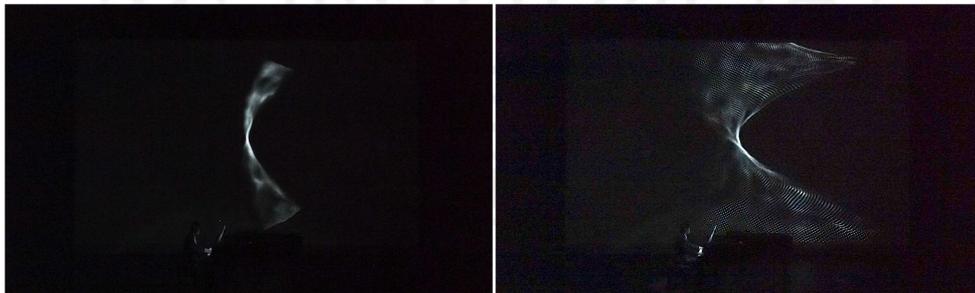
[그림-25] C 파트의 실제 영상 투사 모습

④ A' 파트

<표-10> A' 파트 구성

시간	05:33 ~ 06:23
의미	물질의 소멸 및 생성
사운드 프로세싱	리버브
영상	A'
영상효과	edge detection

종결부분인 A'파트에서는 중지 느낌을 주기 위하여 사운드 프로세싱은 오직 리버브만 사용하였다. 마지막 영상의 모양은 처음 영상인 A-1의 모양과 비슷하고 피아노의 음량 값에 영상의 opacity가 반응한다. 물결이 흐르듯이 생성되어 양쪽으로 퍼져가는 영상 A'의 모양으로 이 작품은 종결된다.



[그림-26] 작품 종결 영상 캡처

<Matter Flow>는 음악과 영상이라는 두 개의 멀티미디어 콘텐츠를 활용하여 작품의 이미지와 분위기에 어울리는 사운드 시스템과 영상 시스템을 설계하였다. 사운드 시스템 같은 경우는 미리 녹음해 놓은 피아노 음원을 이용하여 작품의 이미지에 어울리는 사운드 프로세싱을 찾으려고 시도하였고 음악과 사운드 프로세싱이 완성된 후 음악에 알맞은 영상의 시나리오를 구성하였다. 영상은 Processing과 After Effect를 활용하여 만들었고 음악의 흐름에 따라 영상을 배치 및 믹싱하기 위해서 Arena 프로그램을 이용하였다. 음악과 영상의 시스템 제어는 모두 Max를 통하여 하였고, 피아노 연주의 실시간으로 입력되는 사운드 데이터는 OSC 통신을 이용하여 영상프로그램으로 송신하였다. 실제 공연장에서는 영상 시스템 같은 경우 미리 설정해 놓은 값을 크게 변화시킬 필요가 없었지만 사운드 시스템의 경우 공간의 특성으로 인하여 기존에 입력해 놓은 사운드 프로세싱의 설정 값들을 다시 조정해야 하는 경우가 많았다. 공연장마다 달라지는 특성으로 인하여 사운드 시스템의 값은 항상 가변적임을 예상할 수 있었다. 영상을 실제 공연장에서 투사했을 때 미리 만들어 놓은 영상과의 밝기, 선명함 그리고 질감 등의 차이가 있었다. 미리 만들어 놓은 작품을 실제 공연장에서 라이브 퍼포먼스로 실행 하였을 때 발생하는 여러 가지 차이점이 있었고 이를 통하여 앞으로 이와 같은 멀티미디어음악 작품을 만들 때에 특히 고려해야 하는 부분을 살펴볼 수 있었다.

### Ⅲ. 결 론

본 연구를 통하여 피아노 연주와 그 음악의 분위기를 표현할 수 있는 실시간 사운드 프로세싱 음향을 찾아내고 피아노와 컴퓨터 사운드가 조화롭게 연주되는 작품을 만들 수 있었다. 음악과 영상의 실시간 상호작용 시스템을 구현하여 소리 시각화를 할 수 있었고 피아노의 음량 값과 인터랙션 하는 영상을 통하여 작품을 감상하는 관람객에게 시각과 청각의 요소를 함께 전달하는 멀티미디어음악 작품을 보여 줄 수 있었다. 피아노 연주와 영상의 인터랙션은 작품의 전개를 더욱 직관적이게 전달 할 수 있게 하였고 작품의 주제를 명확히 보여 주어 관객과 깊은 예술적 교감을 나눌 수 있게 해주었다.

<Matter Flow>는 컴퓨터를 사용하여 음악과 영상의 모든 시스템 및 프로세싱을 구성하였고 ‘실시간 컨트롤’ 구현하였다. 음악과 영상의 인터랙션에서 효율적인 시스템의 운용을 위해 작품의 사운드 및 영상제어를 일부 자동화 하였고 이것을 통하여 더 원활한 제어를 할 수 있었다. 실제 공연장에서는 컴퓨터와 다른 장비들 간의 호환성 및 부가적인 기술적 문제가 발생 될 수 있기 때문에 리허설을 통하여 오류를 줄여 나갔다. 피아노의 수음은 한 쌍의 콘덴서 마이크를 사용하였고, 입력되는 오디오 신호를 가지고 컴퓨터 시스템 내부에서 사운드 프로세싱을 하였다. 동시에 사운드 데이터는 연동된 영상제어 시스템으로 전송되어 영상을 제어하고 그 영상물은 대형 스크린에 출력되었다.

소리 시각화 연구를 중점으로 보았을 때 <Matter Flow>에서 음악의 시각화를 위해 피아노의 음량이 사용되었다. 오직 음악의 음량을 이용한 영상과의 인터랙션 및 시각화는 이 작품의 전개와 주제 전달을 무리 없이 할 수 있게 해주었지만 음량 이외에도 소리에서 추출할 수 있는 데이터는 다양하다.

이러한 요소들을 연구하고 그에 따른 시각화 방법을 고안하여 감상자와 더 직관적이고 쉽게 소통할 수 있는 예술 작품의 제작이 향후 연구 과제가 될 것이다.



Keyword (검색어):

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

E-mail: [ayoung1001c@gmail.com](mailto:ayoung1001c@gmail.com)

## 참 고 문 헌

### 1. 단행본

- Daniel Shiffman, 「러닝 프로세싱」, (비제이퍼블릭, 2016)
- 김영민, 「사운드 디자인을 위한 맥스」, (Real Lies Media, 2017)
- David J. Benson, 「MUSIC: A Mathematical Offering」, (Cambridge University Press, 2007)
- Hartmut Bohnacker, Benedikt Gross, Julia Laub, Claudius Lazzaroni, 「Generative Design: Visualize, Program, and Create with Processing」, (Princeton Architectural Press, 2012)
- Charles Dodge, Thomas A. Jerse, 「COMPUTER MUSIC」, (SCHIRMER)
- V.J. Manzo, 「Max/MSP/Jitter for music」, (Oxford University Press, 2011)

- Curtis Roads, 「The Computer Music Tutorial」 ,  
(MIT Press, 1996)

## 2. 참고논문

- 강현우, 「인도음악 연구를 통한 인터랙티브 멀티미디어음악 제작 연구」  
(동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2017)
- 나준하, 「MAX/MSP/JITTER를 이용한 기타 이펙터 제작과 실시간 소리  
시각화 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2015)
- 남주영, 「인터랙티브 미디어 작품제작을 위한 Leap motion과 모션 디텍션  
활용 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2014)
- 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)
- 홍성대, 장호연, 박진완 「Max/MSP를 이용한 인터랙티브 미디어 콘텐츠  
연구」 (한국컴퓨터게임학회논문지, 2008)

### 3. 웹사이트

- CNMAT: external Max object, OSC  
<http://cnmat.berkeley.edu/>
- Learning Processing  
<http://learningprocessing.com/>
- Max/MSP  
<http://cycling74.com/>
- Processing  
<http://processing.org/>
- Syphon  
<http://syphon.v002.info/>

## ABSTRACT

### Production and research of Multimedia Works Using Real-time Sound Processing of Piano Performance (focus on Multimedia Music <Matter Flow>)

Choi, Ah Young

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

<Matter Flow> is a multimedia music work made by using real-time sound processing of a piano performance. It was made by using two multimedia contents which are audio and video. <Matter Flow> is an artwork that studies sound visualization. Music and videos interact with each other through the real time volume value inputs from a piano performance during the sound visualization. This work aims to deeply communicate with the audience in artistic by conveying visual and aural experience at the same time.

The composition of <Matter Flow> can be divided into music and video systems. Max program was used for the sound processing and also the program was used to create a control system for the music and video. Addition to this, a Processing program and an After Effect program were used to create the videos and an Arena program had a role to arrange and mix the videos. The video scenarios are properly constructed fitting the flow of music.

This work's system was meant to be simple enough so that one person could deal with the system for himself, which required a lot of efforts because the system was really complicated. In order to do this, therefore, some unnecessary parts of the system had to be removed and some parts of the system have been automated. And this work contains a principle that the music interacts with the images by using real-time volume values of piano performance. Other various elements of the data from the instrument needed to be researched as well as the volume values.

This research implements multimedia music works that combines music and video. It controls the imaging system with the sound inputs data from the volume, intensity, and continuous sound length of the piano performance. Many parts of the system needed to be controlled, but the simplifying process allowed it to be simple enough that one person was able to completely control all functions of the system. The interaction and harmony of the music and videos have made it more intuitive and lucid for the audience to enjoy the work. The challenge for

this research is to study the various data that can be extracted from sounds and to create a variety of visualizations that touch and impress the viewers.



부록-1 : <Matter Flow> 악보

Matter Flow

Ah Young Choi (2018)

**Andante calmando**

Piano

5

9

*p*

*mp*

Musical score for measures 13-15. The piece is in a key with three flats (B-flat major or D-flat minor) and a common time signature. The right hand features a complex texture of chords and arpeggios, with a *cresc.* marking. The left hand provides a steady accompaniment with chords and single notes. A watermark for 'GUILDFORD UNIVERSITY' is visible in the background.

Musical score for measures 16-19. The right hand continues with chordal textures, marked *mf*. The left hand features a rhythmic accompaniment of eighth notes. A watermark for 'GUILDFORD UNIVERSITY' is visible in the background.

Musical score for measures 20-23. The right hand has a melodic line with chords, marked *sempre p* and *mp marque*. The left hand has a triplet-based accompaniment, marked *p*. Pedal markings (*Ped.*) are present under the left hand. A watermark for 'GUILDFORD UNIVERSITY' is visible in the background.

The musical score consists of three systems of piano music. The first system (measures 22-23) features a treble clef with a *mp* dynamic and a bass clef with a *p* dynamic. The bass line includes triplets and a *Ped.* marking. The second system (measures 24-25) has a *poco a poco energico* instruction and continues with triplets and *Ped.* markings. The third system (measures 26-27) shows a *f* dynamic in the treble and a *ff* dynamic in the bass, with a *Ped.* marking and a *8va* instruction.

Musical score for measures 28-29. The piece is in B-flat major (two flats). Measure 28 features a treble clef with a half note chord and a bass clef with a half note chord. Measure 29 features a treble clef with a whole note chord and a bass clef with a whole note chord. A large slur covers the bass line of measure 29, with two '8vb' markings below it, indicating an octave reduction.

Musical score for measures 30-32. Measure 30 has a treble clef with a half note chord and a bass clef with a half note chord. Measure 31 has a treble clef with a whole note chord and a bass clef with a whole note chord. Measure 32 has a treble clef with a whole note chord and a bass clef with a whole note chord. Dynamics *fp* and *p* are indicated in the bass line of measures 31 and 32 respectively.

*delicato sostenuto*

Musical score for measures 35-37. Measure 35 has a treble clef with a whole note chord and a bass clef with a whole note chord. Measure 36 has a treble clef with a whole note chord and a bass clef with a whole note chord. Measure 37 has a treble clef with a whole note chord and a bass clef with a whole note chord. Dynamics *pp* is indicated in the bass line of measure 36.



Musical score for measures 49-51. The piece is in a key with three flats (B-flat, E-flat, A-flat) and a common time signature. The right hand features a melodic line with a fermata over the final measure, while the left hand plays a steady eighth-note accompaniment.

Musical score for measures 52-54. The right hand continues the melodic line with a fermata over the final measure, and the left hand maintains the eighth-note accompaniment.

Musical score for measures 55-57. The right hand has a fermata over the first measure, followed by a dynamic marking of *mf*. The tempo marking *smorzando* appears in the second measure, and *pp* in the third. The left hand continues the eighth-note accompaniment.

Musical score for measures 58-60. The score is written for piano in a key signature of three flats (B-flat, E-flat, A-flat) and a common time signature. Measure 58 features a complex texture with multiple sixteenth-note chords in the right hand, some beamed together, and a few notes in the left hand. Measure 59 continues with similar textures, including a large chord with many sixteenth notes. Measure 60 shows a continuation of the right-hand texture with some notes in the left hand. A double bar line is present at the end of measure 60.

Musical score for measures 61-63. The score is written for piano in a key signature of three flats (B-flat, E-flat, A-flat) and a common time signature. Measure 61 features a complex texture with multiple sixteenth-note chords in the right hand, some beamed together, and a few notes in the left hand. Measure 62 continues with similar textures, including a large chord with many sixteenth notes. Measure 63 shows a continuation of the right-hand texture with some notes in the left hand. A double bar line is present at the end of measure 63. The dynamic marking *p* (piano) is indicated in the right hand of measure 63.

## 부록-2 : 첨부 DVD

1. Matter Flow\_video : 2018년 11월 10일 이해랑예술극장 공연 실황
2. Matter Flow\_score : 악보 폴더
3. Matter Flow\_patch : Max 패치 폴더

