



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](#)

석사학위작품

얼후와 피아노의 실시간 사운드 프로세싱을  
이용한 멀티미디어 작품 제작 연구  
(멀티미디어음악 작품 <dreamland-몽접>을 중심으로)

지도교수 김 준

동국대학교 영상대학원

멀티미디어학과 컴퓨터음악전공

이 희 영

2020

석사학위작품

얼후와 피아노의 실시간 사운드 프로세싱을

이용한 멀티미디어 작품 제작 연구

(멀티미디어음악 작품 <dreamland-몽점>을 중심으로)

이희영

지도교수 김준

이 작품을 석사학위 작품으로 제출함

2019년 12월

이희영의 음악석사(컴퓨터음악)학위 작품을 인준함

2020년 1월

위원장 정진헌

위원 김정호

위원 김준

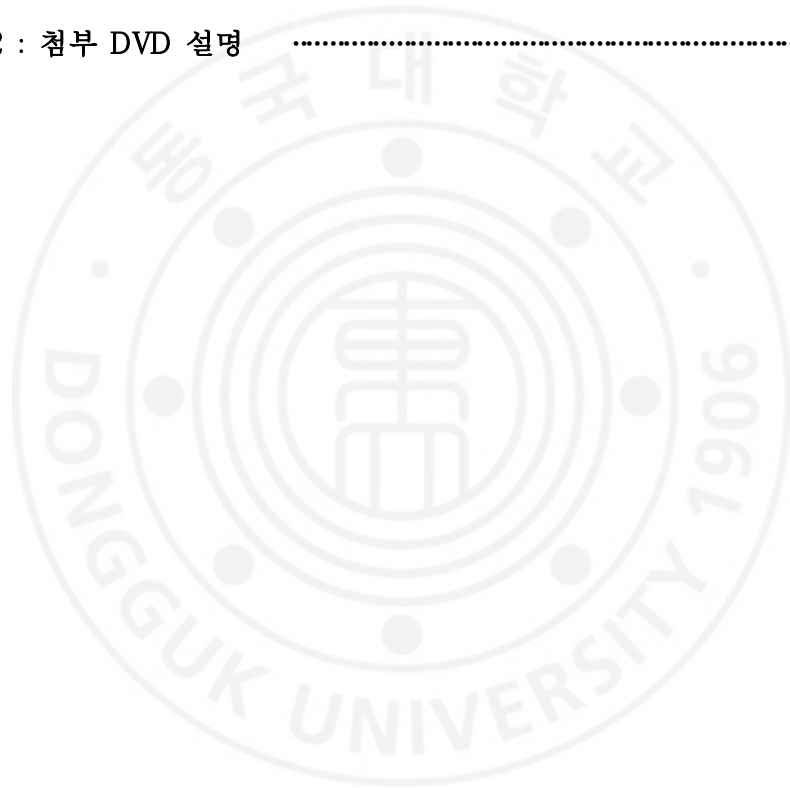
동국대학교 영상대학원

## 목 차

I. 서론 .....	1
1. 연구 배경 및 목적 .....	1
2. 멀티미디어작품 사례연구 .....	2
1) Interactive Music .....	2
2) 소리시각화 작품 .....	2
II. 본론 .....	4
1. 악기 특성분석 .....	4
1) 얼후(erhu)의 배경 .....	4
2) 얼후의 구조 및 음색특성분석 .....	5
3) 얼후의 음역대 .....	7
2. 작품 구성 .....	8
1) 작품 개요 .....	8
2) 음악 구성 .....	9
3) 영상 구성 .....	10
4) 시스템 구성 .....	13
① 사운드 시스템 .....	13
② 영상 시스템 .....	14
5) 무대 구성 .....	16
3. 기술적 연구 .....	17
1) 사운드 프로세싱 .....	17
① granular synthesis 음향효과 .....	17

② flanger 음향효과 .....	19
③ pitch shift 음향효과 .....	19
④ reverb 음향효과 .....	20
⑤ delay 음향효과 .....	21
2) 영상 제작연구 .....	22
① After Effect를 활용한 영상제작 .....	22
가. Mask 기능을 이용한 영상 제작 .....	23
나. Opacity 값 조절을 통한 영상제작 .....	24
② Processing을 이용한 영상제작 .....	27
③ OSC 통신을 이용한 실시간 영상제어 .....	31
④ Syphon을 이용한 Processing과 Arena의 연동 .....	36
⑤ Arena를 이용한 영상효과 .....	38
가. Blur 효과 .....	38
나. Radialur 효과와 Goo 효과 .....	38
다. kaleidoscope 효과 .....	39
라. Noisy 효과 .....	40
3) 작품에서의 연구기술 적용 .....	41
① A 파트 .....	41
② B 파트 .....	43
③ C 파트 .....	45
④ D 파트 .....	46
⑤ A' 파트 .....	48
 III. 결 론 .....	 50

참 고 문 헌 .....	52
ABSTRACT .....	55
부록-1 : 작품 <dreamland-梦蝶> 악보 .....	57
부록-2 : 첨부 DVD 설명 .....	67



## 표 목 차

<표-1> 영상 시나리오 .....	10
<표-2> granular synthesis 설명 .....	18
<표-3> grain pitch 파라미터 의미 .....	18
<표-4> After Effect 이용해서 만든 영상 .....	25
<표-5> Processing 영상 .....	28
<표-6> A 파트에 적용된 기술 .....	41
<표-7> B 파트에 적용된 기술 .....	43
<표-8> C 파트에 적용된 기술 .....	45
<표-9> D 파트에 적용된 기술 .....	46
<표-10> A' 파트에 적용된 기술 .....	48

## 그 립 목 차

[그림-1] 작품 <octofalls>의 사진 .....	3
[그림-2] 얼후의 구조 .....	5
[그림-3] 얼후의 음역대 .....	7
[그림-4] 사운드 시스템 .....	13
[그림-5] 영상 시스템 .....	15
[그림-6] 무대 구성 .....	16
[그림-7] munger~오브젝트 .....	17
[그림-8] flanger 음향효과를 구현한 Max 패치 .....	19

[그림-9] reverb 음향효과 구현한 Max 배치 .....	20
[그림-10] delay 음향효과 구현한 Max 배치 .....	21
[그림-11] After Effect로 만든 과정 .....	23
[그림-12] 마스크 등속으로 올라가는 과정 .....	23
[그림-13] After Effect 로 만든 과정 .....	24
[그림-14] Processing 영상 제작 코드 예시 .....	29
[그림-15] Processing 영상 제작 코드 예시 .....	30
[그림-16] OSC 통신을 이용한 실시간 영상 제작 패치 .....	31
[그림-17] Processing에서 OSC 라이브러리를 받는 모습 .....	33
[그림-18] OSC 통신을 위한 라이브러리를 불러오는 코드 .....	33
[그림-19] OSC 통신을 위한 주소 설정 코드 .....	34
[그림-20] OSC 통신이 가능하도록 입력 데이터를 변수로 설정한 코드 .....	35
[그림-21] OSC 통신을 이용한 Max와 Arena의 연동 .....	35
[그림-22] Syphon 라이브러리 설치 모습 .....	36
[그림-23] 라이브러리를 호출하는 코드 .....	36
[그림-24] 서버 생성 코드와 스크린에서 영상 보내는 코드 .....	37
[그림-25] Syphon을 통해 공유된 영상 소스 .....	37
[그림-26] Blur효과 .....	38
[그림-27] Radialur효과와 Goo효과 .....	39
[그림-28] kaleidoscope효과 .....	39
[그림-29] Noisy효과 .....	40
[그림-30] A 파트 Max 패치 .....	41
[그림-31] A 파트의 무대 영상 .....	42
[그림-32] B1~B3 파트 얼후의 Max 패치 .....	43

[그림-33] B1~B3 파트의 피아노 Max 패치 .....	44
[그림-34] B4 파트의 Max 패치 .....	45
[그림-35] C 파트의 무대 영상 .....	46
[그림-36] D 파트의 Max 패치 .....	47
[그림-37] A' 파트의 Max 패치 .....	49



# I. 서 론

## 1. 연구 배경 및 목적

현대 과학기술이 빠르게 발전함에 따라 두 가지, 혹은 그 이상의 미디어들의 융합으로 이루어진 멀티미디어<sup>1)</sup>도 함께 빠른 발전을 가져오고 있다. 다양한 매체를 사용하고 있는 멀티미디어 기술은 컴퓨터 음악을 다양한 방법으로 조작할 수 있는 기술적 수단으로써 활용되고 있으며, 음악 매체의 기능적 범주를 확장함에 큰 영향을 미치고 있다.

본 연구에서는 얼후<sup>2)</sup>와 피아노 연주의 실시간 사운드 프로세싱(real-time sound processing)을 하였고, 사운드와 영상 간의 인터랙션을 연구 및 활용하여 작품에 적용하였다. 오디오와 비디오라는 두 가지 이상의 멀티미디어 콘텐츠(multimedia contents)를 융합하여 작품을 제작하고 시각과 청각의 상호 작용에 의한 멀티미디어의 예술적 표현 연구를 목적으로 하였다.

---

1) 디지털화된 미디어의 복합체, 글자, 소리, 영상의 복합체이며, 디지털 상태인 것을 말한다.

2) 2개의 현을 가진 중국의 찰현악기.

## 2. 멀티미디어작품 사례연구

### 1) Interactive Music

작품 <Snow Spell>은 중국 타이완 아티스트 정진문 (chien-wen cheng) 2007년에 만든 작품이다. 얼후, 플루트, 첼로, 피아노 실제연주 소리가 Max를 통해 연주의 실시간 사운드 프로세싱과 함께 연주를 하였다. 창작의 영감은 설경을 감상할 때 불러일으키는 문화 연상, 개인감정과 환상이 뒤섞인 네 가지 대설의 인상에서 나온다. 얼후의 각 전통 활음, 장식음의 연주기교는 서로 다른 다이얼링 기법을 조합해서 중국 문화의 심상을 전달하는데 도움을 주었다. 전곡은 삼도음정을 주된 동기로 사용하여 성조와 무조성(無調性) 사이를 전환하여 동양적 소재 및 서양의 창작기법을 하나로 융합하였다.

### 2) 소리시각화 작품

음악과 영상의 결합은 음악의 시각화 예술이라고 한다. 이것은 새로운 시대의 예술 발전에서 주요하게 나타나고 있는 표현법이다. 음악 시각화 예술은 음악의 구조를 영상적인 표현과 결합하여 지능적으로 이해하고 분석 비교하는 방식으로 대중에게 가장 직관적인 느낌을 주는 기술이다.

작품 <octofalls>는 일본 아티스트 료이치 쿠로카와<sup>3)</sup> 만들었다. 작품은 혼란에 대항하는 천백 개의 방법을 상징하며, 천장에는 8개의 커다란

---

3) 료이치 쿠로카와는 1978년에 태어난 독일 베를린에서 살고 일하고 있다 일본 예술가이다. 쿠로카와의 작품은 설치 작품, 녹음, 연주곡 등 다양한 형태를 취하고 있다. 그는 현장 녹음과 디지털 생성 구조물로 시간 조각을 구성하고, 건축적으로 시청각 현상을 재구성한다.

스크린이 걸려있고, 절벽에서 솟구치는 폭포의 모습을 화면에 담고 있으며, 자연환경에서 추출한 360도로 둘러싸인 물줄기의 충돌 소리와 어우러져 마치 자연에 몸을 담는 듯한 느낌을 준다. [그림-1]



[그림-1] 작품 <octofalls>의 사진

본 작품은 실시간 사운드 프로세싱을 사용하였으며 음악과 영상을 연동시키는 소리시각화 기술(sound visualization)을 작품에 적용하였다. Max등 응용 프로그램을 이용하여 사운드와 영상의 인터랙션을 새로운 형식으로 구현하였다.

## II. 본론

### 1. 악기 특성분석

#### 1) 얼후(erhu)의 배경

북송시대 북방 소수민족에게 전수되어진 얼후는 중국의 대표적인 악기로 두 개의 줄이란 뜻을 가졌으며, 후친(胡琴) 혹은 한자 그대로 읽어 이호라고도 부르며 영미권에서는 Chinese Fiddle, Southern Fiddle(중국 바이올린, 남부 바이올린)으로도 불린다. 여기서 '얼'은 숫자 '2'를 의미하고 '후'는찰현악기를 지칭한다. 원나라 때부터 전국적으로 유행하기 시작하여 지역의 특색과 연주의 필요성에 따라 악기구조가 조금씩 개량되어 여러 형태의 악기로 발전하게 되었으며, 그 중 보편적으로 많이 사용되는 것이 얼후이다.

1919년 리우토펜화(Liu Tianhua)<sup>4)</sup> 선생을 시작으로 독주 연주법이 생긴 얼후는 경극이나 지방민가의 합주용으로 많이 사용되었으며, 특히 얼후는 전통악기임에도 불구하고 서양 연주곡을 표현함에 있어 표현력과 연주기법이 흡사하여 중국 전통음악뿐만 아니라 다양한 음악장르에 폭넓게 사용되고 있다.

---

4) 리우토펜화(Liu Tianhua)는 중국 근대 작곡가, 연주가, 음악 교육가이다. 리우토펜화(Liu Tianhua)의 음악 창작 성취는, 주로 민족 기악곡 방면에 있다.

## 2) 얼후의 구조 및 음색특성분석

얼후의 구조를 살펴보면 [그림-2]와 같다.



[그림-2] 얼후의 구조

[그림-2]에서 보는 바와 같이 얼후는 금피(琴皮)를 씌운 금통(琴筒) 위에 금간(琴杆)을 세우고 금탁(琴托)에서부터 금축(琴軸)까지 내현(內絃)과 외현(外絃)을 연결하여, 그 두 현 사이에 금궁(琴弓)을 끼워 연주하는 구조이다. 금피 위에 금마(琴碼)를 올려 현을 괴도록 되어있는데, 금마 아래쪽 현의 밑 부분에 공제점(控制墊)이라는 천을 끼워 넣는다.

악기를 제작할 때 기본 틀을 통일하였고, 연주방법을 보다 과학적으로 발전시키며 더욱 보편화되었는데, 연주기교 및 표현력도 풍부하게 되었다. 얼후의 울림통(금통)은 재질이 단단한 홍목이나 자단목으로 만들어졌고 6각형 또는 8각형의 모양이다. 복판은 뱀가죽을 사용하고 있는데, 이는 얼후 특유의 악기음색을 결정 짓는데 중요한 요소 중 하나이다.

얼후는 첼로 된 금속 줄을 사용하여 서양의 바이올린처럼 손가락 끝을 현에 대서 연주하며 음색이 밝고 음량이 크다. 여러 자료들을 통하여 살펴보면 얼후와 해금의 뿌리는 같다고 볼 수 있다. 그러나 악기의 재료와 소재가 달라 음색이 다르다.

얼후의 소리는 인간의 목소리에 가장 가까운 소리이다. 음악은 말로 할 수 없는 여러 가지 섬세한 감정을 표현할 수 있는 가장 좋은 도구임에 분명하다. 2개의 현에서 전해져 오는 애잔한 음색의 얼후는 철현과 나무, 그리고 가죽의 만남으로 인간의 목소리에 가장 가까운 소리를 구현해 낸다. 따뜻하면서도 어딘지 모르게 슬픈 음색은 사람 목소리를 흉내는 모든 악기 중에서 가장 비슷하다. 이 특징을 이용하여 현대 곡목을 각색하고 연주하여 더 큰 발전의 공간을 주었다.

### 3) 얼후의 음역대

얼후의 조현법<sup>5)</sup>은 통상 완전 5도 정현법을 사용하며 외현은 A음, 내현은 D음으로 조율한다. 얼후의 음역대<sup>6)</sup>는 [그림-3]과 같다.



[그림-3] 얼후의 음역대

[그림-3]에서 보는 바와 같이 얼후의 음역대는 내현(內絃)의 개방현 음인 D3에서 E5음까지이다.

- 
- 5) 조현법은 악기 현(絃)의 음높이를 연주하기 좋은 상태가 되도록 일정하게 조정하는 방법을 말한다. 일반적으로 현악기는 각 현의 표준 음고가 정해져있으며, 이 음고에 따라 조현한다.
  - 6) 음역은 악기가 만들어 낼 수 있는 가장 낮은 음에서 가장 높은 음까지의 범위를 말하는데, 여기서는 일반적으로 사용하는 음에 대한 음역, 즉 음역대를 뜻한다.

## 2. 작품 구성

### 1) 작품 개요

<Dreamland-몽접<sup>7)</sup>>은 나비의 주요 이미지를 의인화하여 꿈으로 표현한 작품이다. 제목에서 나오는 ‘몽접’은 중국의 <호접지몽>이라는 이야기 비롯된 것이다. <호접지몽>은 몰아(物我)<sup>8)</sup>의 구별을 잊음을 비유하여 이르는 말로, 장자(莊子)<sup>9)</sup>가 꿈에 나비가 되어 즐기는데, 나비가 장자인지 장자가 나비인지 분간하지 못했다는 고사에서 온 말이다. 이 이야기는 몰아의 구별이 없는 만물일체를 이야기 한다. 오늘날에는 인생의 덧없음을 비유하여 쓰이기도 한다. 처음에는 흑백, 백야, 꿈과 현실 같은 양극화된 단어에 관심이 있지만, 이 이야기와 같이 생각하면 그 중에 영감을 받고 음악을 통해 그 느낌을 표현하려고 해서 그 화면이 어떤지 생각하면서 작품을 시나리오에 따라 만들었다.

---

7) 중국<호접지몽>은 한자를쓰면 ‘胡蝶之夢’이다. 胡(호):오랑캐 캐 蝶(접):나비 之(지):의 夢(몽):꿈

8) 외물(外物)과 자아(自我), 또는 객체와 주체. 유교 사회에서는 몰아일체(物我一體)를 추구하는 경향이 현저했는데, 객관 사물과 자신이 어긋나지 않고 하나로 합일되는 것을 이상적인 심성수양으로 보았음.

9) 장자(莊子)는 중국 전국시대의 사상가로 성은 장(莊), 이름은 주(周)이다. 전쟁이 끊이지 않는 불안한 시대를 살았던 그는 인간의 참 자유가 무엇인지를 사유하게 되었고, 그 자유를 추구하는 일에 평생을 바쳤다.




## 2) 음악 구성

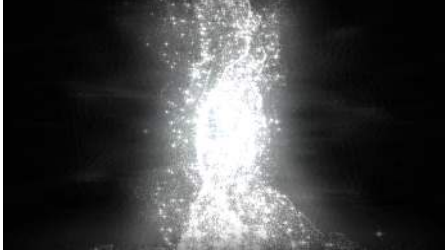

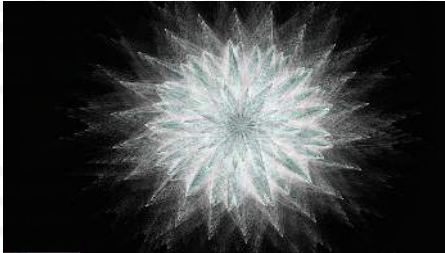

본 연구에서 음악은 실제악기 연주와 실시간 사운드 프로세싱으로 구성하였다. 작품의 음악적 구조는 크게 A-B-C-D-A' 형식으로 이루어져 있으며, A파트는 차분하고 조용한 느낌으로 피아노의 높은 음역으로 시작하고, 마지막 A'파트도 피아노가 똑같이 나오는데 동시에 얼후가 들어가 쓸쓸한 느낌을 주었다. 음악 전체적으로 시나리오에 맞춰서 제작하여 각각의 파트들은 각자의 의미를 지니고 있다. B부분은 얼후 소리 중심으로 나오는 부분이며, 멜로디가 시작하는 부분이다. 얼후에 vibrato, trill 등의 연주법을 사용하였다. C부분이 작품의 클라이맥스 혹은 중심부분이다. D부분은 bridge이다. 얼후의 음색특징을 뚜렷하게 하며, 장식음 중심으로 나온다.



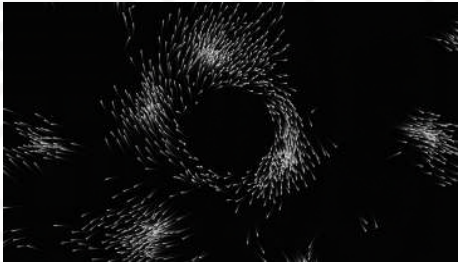

### 3) 영상 구성

본 연구에서 나오는 영상은 음악과 같은 시나리오에 따라서 구성한다. 영상의 각 파트 구성은 아래 <표-1>와 같다.

<표-1> 영상 시나리오

장면 및 설명	이미지
<p>A. 0:00 ~ 0:28</p> <p>잠이 든다. 꽃이 나오는 규칙은 피아노소리에 따라서 사람의 규칙적인 심장박동처럼 보인다. 고개는 몽롱한 띄우려고 한다.</p>	
<p>B1. 0:27 ~ 0:37</p> <p>꽃이 있는 위치에서 나비로 변화하고 날아간다. 갑자기 나오는 일후소리에 따라 꿈을 시작된다.</p>	
<p>B2. 0:37 ~ 0:49</p> <p>나비 한 마리가 화면에서 들어오고 다시 날아간다. 사람을 비유한다.</p>	

<p>B3. 0:50 ~1:28</p> <p>먼저 꿈의 아름다운 모습을 그려준다.</p>	
<p>B4. 1:28~1:55</p> <p>자기가 나비를 된다.</p>	
<p>C1. 1:56 ~2:28</p> <p>꿈과 환상의 세계를 표현한다.</p>	
<p>C2. 2:28 ~3:13</p> <p>꿈과 환상의 세계 순간으로 변할 수 있다.</p>	

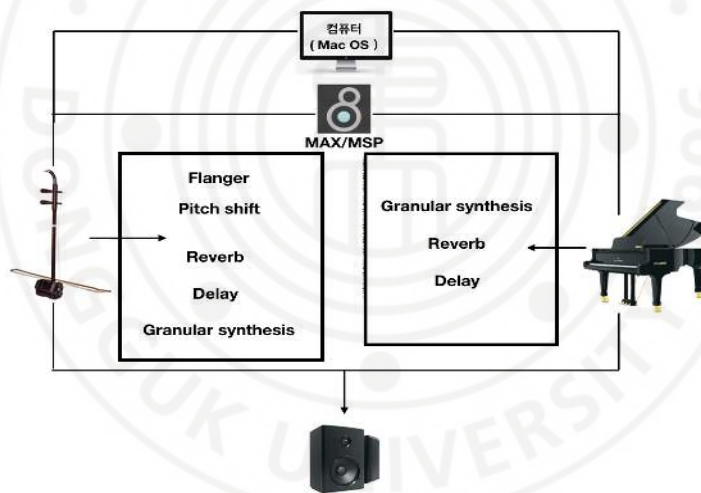
<p>D1 3:14 ~4:48</p> <p>꿈을 갑자기 깨는 순간을 표현한다.</p>	
<p>D2 3:41 ~3:53</p> <p>나비와 자기자신 사이의 공존을 표현한다.</p>	
<p>A'1 3:54 ~4:50</p> <p>윤회 같은 현실, 꿈과 현실의 윤회를 상징한다.</p>	
<p>A'2 4:51 ~5:33</p> <p>다시 처음 시각한 것으로 돌아간 장면을 표현한다.</p>	

#### 4) 시스템 구성

##### ① 사운드 시스템

작품은 얼후와 피아노 연주와 실시간으로 프로세싱 되는 사운드를 함께 구현하였다.

사운드 시스템은 Max를 이용하여 구현하였다. 얼후의 실시간 사운드 프로세싱은 reverb<sup>10)</sup>, flanger<sup>11)</sup>, granular synthesis<sup>12)</sup>, delay<sup>13)</sup> 음향효과가 사용되었고, 피아노의 실시간 사운드 프로세싱은 reverb, granular synthesis, delay 음향효과가 사용되었다. 사운드 시스템은 [그림-4]와 같다.



[그림-4] 사운드 시스템

- 10) 한정된 공간에서 발생한 소리가 주위의 장애물들에 부딪혀 반사를 되풀이 하며 그 반사음이 시간이 지남에 따라 원래의 소리가 변화되고 점점 작아지며 소리의 여운이 발생하는 음향효과이다.
- 11) delay를 응용한 음향효과. 지연된 음에 25-50ms정도 지연시킨 사운드를 혼합하여 풍부함을 내는 효과.
- 12) 입력 사운드를 작은 샘플조각(grain)으로 나누어 재조합하는 소리 합성방식이다.
- 13) 입력되는 소리를 녹음하여 저장한 뒤 시간의 차이를 두고 재생시켜 반복하는 음향효과이다.

## ② 영상 시스템

본 연구에서 영상을 제작하기 위해 음악 사운드의 데이터를 실시간으로 받아서 상호작용이 되는 Processing<sup>14)</sup>과 영상을 제작할 수 있는 After Effect<sup>15)</sup>를 이용하였고, 영상의 최종 출력과 실시간 효과를 주기 위해 Arena<sup>16)</sup>를 사용하였다.

영상 사운드 시스템은 [그림-5]와 같이 구성되었다. 연주 사운드의 실시간 사운드 프로세싱으로부터 출력된 사운드 데이터를 Max에서 받아 Processing으로 보내게 된다. 그리고 Processing을 받는 사운드 데이터는 원하는 수치로 설정되어 영상을 실시간으로 변화시키고 음악과 영상의 인터랙션 작용에 사용된다. Processing에 들어온 데이터는 실시간으로 영상의 변화 값에 영향을 준다. Processing을 통해 생성된 영상은 Syphon<sup>17)</sup>을 통해 Arena로 보내지고, After Effect를 통해 만들어 놓은 영상 소스들은 실시간으로 파라미터를 움직여 이펙트 효과가 나타나게 되며 메인 스크린으로 최종 출력된다.

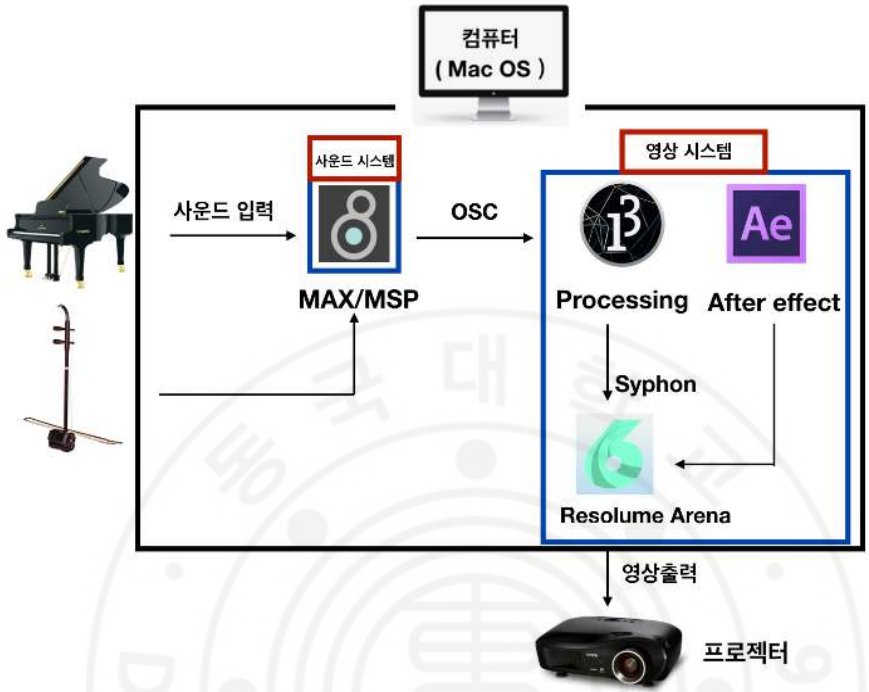
---

14) MIT 미디어 랩의 'Aesthetics and Computation' 그룹에 의해 2001년 만들어진 오픈 소스 프로그래밍 언어.

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

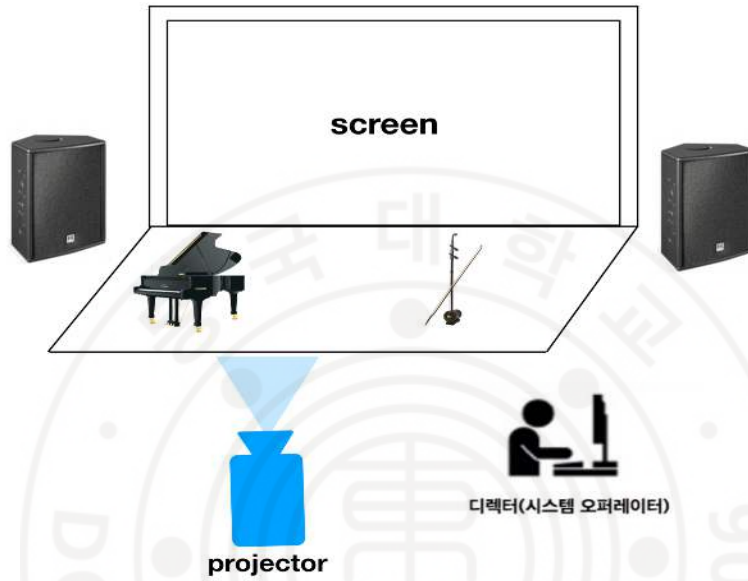
16) Resolume에서 개발한 영상 믹싱 프로그램으로 실시간 비주얼 퍼포먼스를 위해 주로 사용. 본 연구에서는 최신 버전인 Arena6를 사용한다.

17) 응용 프로그램사이의 영상 프레임을 서로 공유할 수 있게 해주는 기반의 오픈소스이다.



[그림-5] 영상 시스템

## 5) 무대 구성



[그림-6] 무대 구성

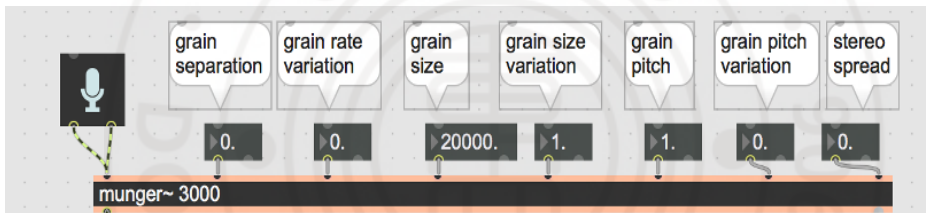
[그림-6]은 작품의 무대 구성이다. 피아노는 무대 왼쪽에 위치하고, 얼후는 무대 오른쪽에 배치하였고, 두 연주자에게만 조명이 비춰지도록 하였다. 스크린 전체에 영상을 투사하였으며 오퍼레이터(operator)는 객석 맨 뒤쪽 오른쪽에 위치해 무대를 모니터하며 시스템을 제어한다.

## 2. 기술적 연구

### 1) 사운드 프로세싱

#### ① granular synthesis 음향효과

granular synthesis 음향효과는 입력되는 사운드가 작은 크기의 샘플조각(grain)으로 미세하게 나누어 재조합 및 가공하는 소리 합성방식이다. 본 연구에서는 Max의 munger~오브젝트<sup>18)</sup>를 사용하여 [그림-7]과 같이 munger~오브젝트를 7개의 파라미터가 가지고 있다.



[그림-7] munge~오브젝트

munge~오브젝트의 각 파라미터가 의미하는 바는 아래 표와 같다.

18) Max의 외부(external)오브젝트이며, 내장된 오브젝트가 아니기 때문에 Max의 Package manager에서 다운받아야한다. Columbia University에서 만들었으며 본 작품에서 사용된 버전은 Dan Trueman과 R. Luke Dubois에 의해 수정된 버전이다.

〈표-2〉 granular synthesis 설명

grain separation	grain rate variation	grain size	grain size variation	grain pitch	grain pitch variation	stereo spread
샘플 조각의 간격	샘플 조각의 간격이 변화하는 값	샘플 조각의 크기	샘플 조각의 크기가 변화하는 값	샘플의 음정	샘플 음정이 변화하는 값	음정이 퍼지는 정도

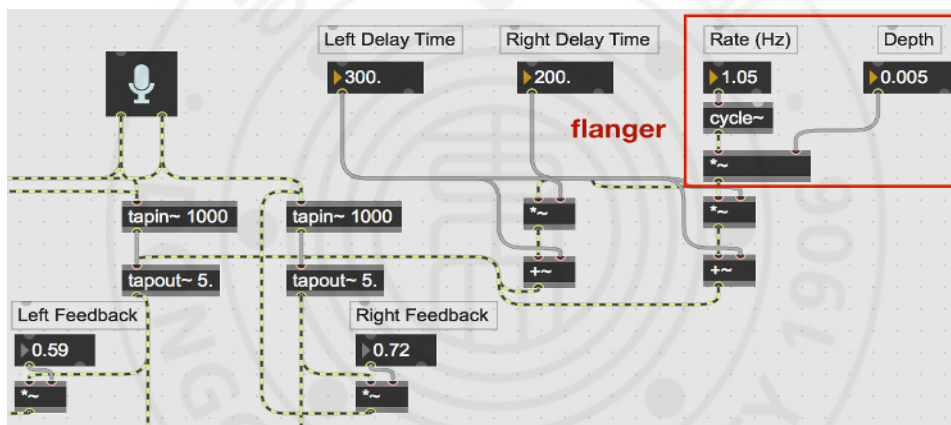
〈표-2〉는 각 파라미터에 대한 설명이며 grain separation, grain rate variation, grain size, grain size variation의 단위는 밀리세컨드(ms)이다. grain pitch의 파라미터 값은 2<sup>n</sup>처럼 2의 지수에 해당되는 값에 따라 옥타브 간격으로 음정이 변화된다. 지수가 0인 경우, 음정의 변화가 없으며 입력되는 사운드의 원 음정으로 출력된다. 1, 2와 같이 양수일 경우, 한 옥타브 씩 위로 음정이 변형되고 반대로, 지수가 -1, -2로 음수일 경우에는 한 옥타브 씩 아래로 음정이 변형되어 출력된다. 다음의 〈표-3〉에서 grain pitch의 파라미터 값을 정리하였다.

〈표-3〉 grain pitch 파라미터 의미

파라미터	2 <sup>-n</sup>	2 <sup>-2</sup> = 0.25	2 <sup>-1</sup> = 0.5	2 <sup>0</sup> = 0	2 <sup>1</sup> = 2	2 <sup>2</sup> = 4	2 <sup>n</sup>
음역	n옥타브 아래	2옥타브 아래	1옥타브 아래	원음	1옥타브 위	2옥타브 아래	n옥타브 위

## ② flanger 음향 효과

flanger 음향효과는 delay 음향효과를 응용한 것으로, 입력한 음을 약간 지연시켜 다시 원음에 더하는 것이다. [그림-8]은 flanger 음향효과를 Max에서 구현한 패치이다. delay 음향효과에서 응용이 되며, cycle~오브젝트<sup>19)</sup>를 통해 주기적으로 움직이는 파형의 수치를 각각의 delay time에 곱하고 더해주어 tapout~오브젝트에 입력을 시킨다. 그 결과 원래의 소리와 아주 짧게 지연된 소리가 합쳐져서 음정이 주기적으로 변하다.



[그림-8] flanger음향효과 구현한 Max 배치

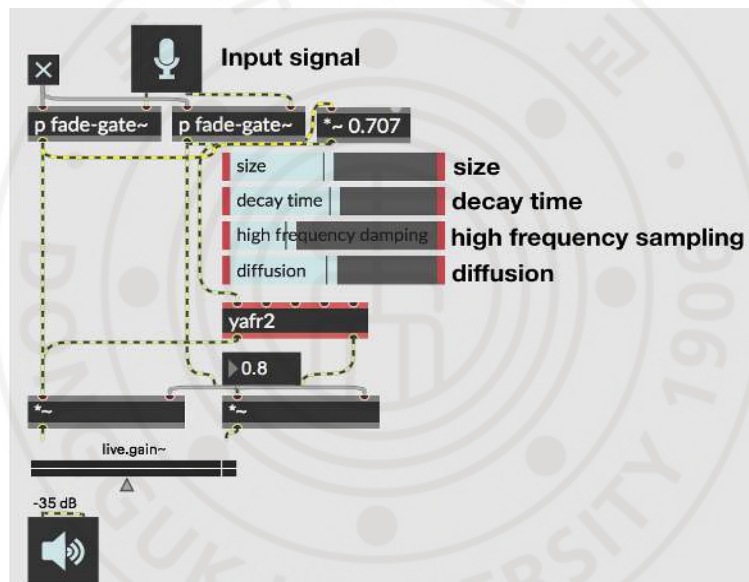
## ③ pitch shift 음향효과

pitch shift는 원래 음을 반음 올리거나 내리는 기법이다. 이 작품에서 화음 만들기 위해 flanger와 같이 사용한다.

19) 주기적으로 cosine 파형을 생성하는 오브젝트.

#### ④ reverb 음향효과

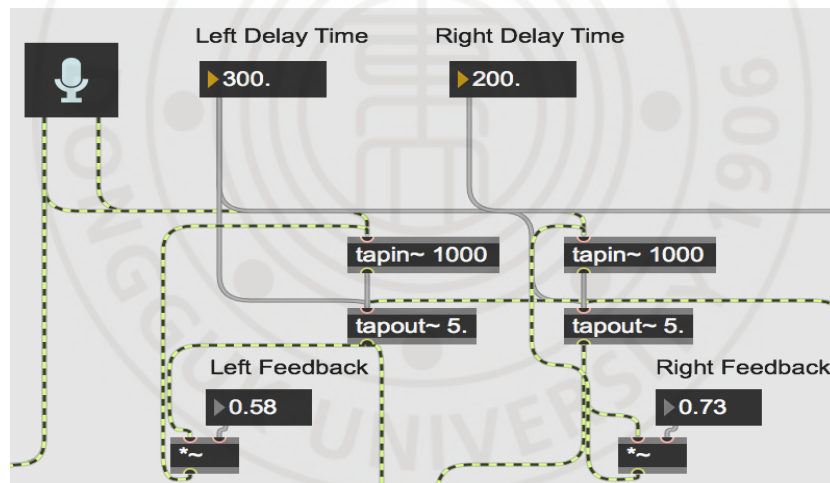
[그림-9]는 Max를 사용하여 리버브를 구현한 패치이다. 각 모듈은 size(공간의 크기), decay time(감쇄시간), high frequency damping(고주파 대역 소리의 강도), diffusion(소리의 발산)으로 구성되고, 파라미터들의 조절을 통하여 연주되는 악기 소리에 풍부한 공간감을 더하여 부드러운 사운드를 만들 수 있다.



[그림-9] reverb음향효과 구현한 Max 패치

### ⑤ delay 음향효과

[그림-10]의 delay 패치는 Max의 tapin~오브젝트와 tapout~오브젝트가 사용된다. 컴퓨터는 RAM<sup>20)</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-10] delay음향효과 구현한 Max 배치

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

## 2) 영상 제작연구

### ① After Effect를 활용한 영상제작

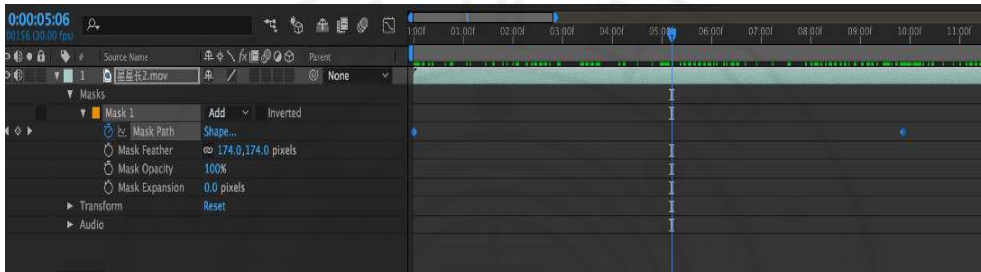
작품을 위해 Adobe<sup>21)</sup>사의 After Effect를 이용하여 영상을 미리 제작하였다. After Effect에서 음악의 각 파트를 들으며 어떤 분위기인지에 따라 시나리오를 만들었다. 음악의 구성을 기반으로 만든 시나리오에 따라 알맞은 영상을 제작 하였다. 녹음된 음원과 실제악기를 연주하는 음악의 차이는 시간적으로 크지 않아서, 대략적인 영상의 길이를 생각하며 음악에 잘 어울리는 영상을 제작하였다. After Effect로 만들어진 영상을 Arena에서 실제 연주되는 음량 값에 따라 영상 이펙트 효과와 연동시키고 음악과 영상의 인터랙션을 준다.

---

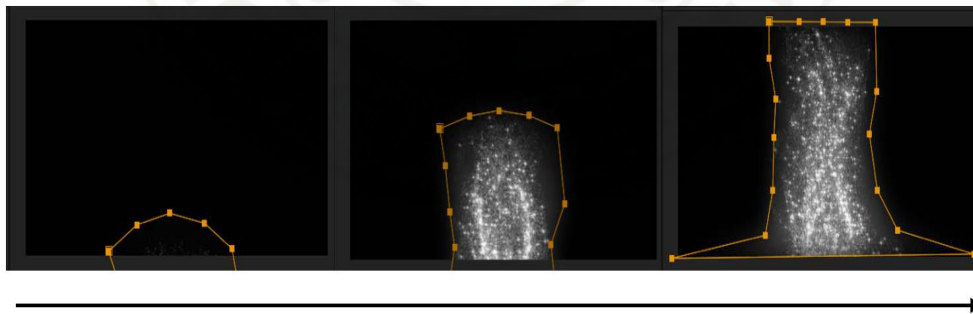
21) 미국의 컴퓨터 그래픽 소프트웨어 개발회사이다. 2D 그래픽 소프트웨어인 포토샵(Photo Shop), 일러스트레이터(Illustrator) 그리고, 동화상 편집 프로그램으로 유명한 프리미어(Premier) 등의 프로그램을 제작 판매하고 있다. 최근에는 알더스(Aldus)사를 인수하여, 전문 페이지 레이아웃 프로그램인 페이지메이커(PageMaker)도 공급하고 있다.

### 가. Mask 기능을 이용한 영상 제작

Mask기능은 화면에서 원하는 부분만 보여준다. [그림-11]과 [그림-12]처럼 화면을 설정할 층을 클릭하여 그래픽 도구로 필요한 도형을 스케치한다. 키 프레임을 클릭하여 시작과 끝을 지정하여, 그래픽을 구현할 수 있다.



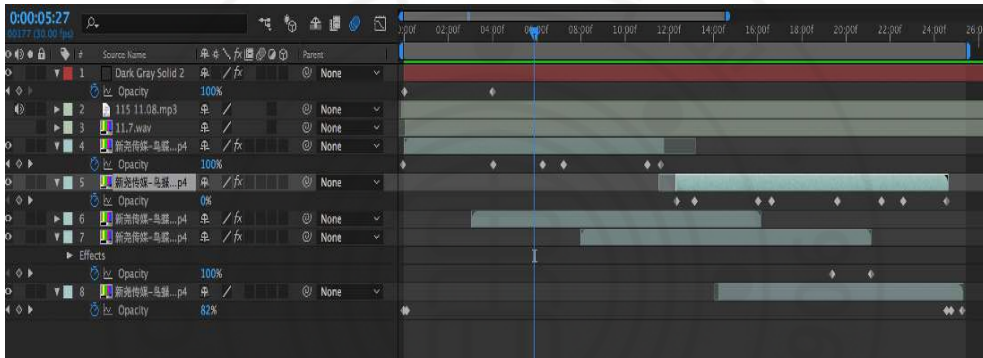
[그림-11] After Effect 로 만든 과정



[그림-12] 마스크 등속으로 올라가는 과정

## 나. Opacity 값 조절을 통한 영상제작




Opacity는 불투명도를 뜻 한다. 불투명도의 비율을 조절하여 나비가 그림자처럼 나오는 효과를 줄 수 있다. After Effect는 가장 위의 영상이 화면에 표시되므로, 가장 위의 영상의 불투명도를 100이하로 조절 하면 밑의 영상을 그림자처럼 화면에서 볼 수 있다. [그림-13]는 만든 과정이다.

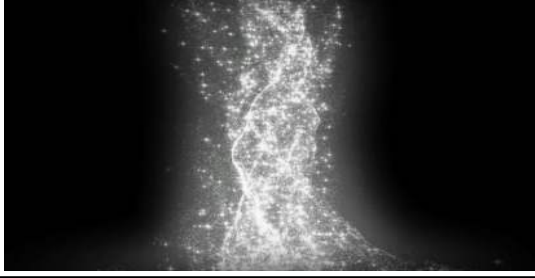






[그림-13] After Effect 로 만든 과정

After Effect 이용해서 만든 영상은 총 10개이다.

<표-4> After Effect 이용해서 만든 영상

번호	이미지
영상 1	
영상 2	
영상 3	

영상 4	
영상 5	
영상 6	
영상 7	
영상 8	



## ② Processing를 활용한 영상제작

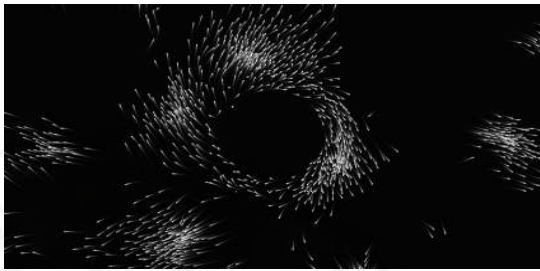


Processing은 코딩<sup>22)</sup>을 기반으로 영상을 생성할 수 있다. OSC<sup>23)</sup> 통신을 사용하여 영상의 실시간 제어도 가능하다. 음악과 Processing 영상의 실시간 인터랙션을 위해 Processing 코드에 변수를 설정하고 음악의 사운드 데이터를 변수와 연동시켜 실시간으로 반응하는 영상을 제작하였다.

본 작품에서 Processing패치 2개를 동시에 사용하였고 도형을 3가지 다른 버전으로 재생하였다.

22) 프로그래밍과 같은 뜻으로 널리 사용된다. 하지만 좀더 구체적으로 살펴보면, 코딩은 명령을 컴퓨터가 이해할 수 있는 C언어, 자바, 파이썬 등의 프로그래밍 언어로 입력하는 과정을 뜻하고 프로그래밍은 프로그래밍 언어를 사용해 프로그램을 만드는 일을 뜻한다.

23) Open Sound Control의 약자로 사운드 데이터 전송을 위해 개발된 네트워크를 이용한 통신 규약이다.

〈표-5〉 Processing 영상

번호	이미지
Processing 1	
Processing 2 (flower)	
Processing 2 (lines)	

Processing 1안에 있는 영상을 변화시키기 위해 코드의 변수<sup>24</sup>를 설정하고 화면을 구성하는 도형의 선 굵기의 폭을 그려주는 함수 ellipse 안에 인수 변수를 넣어주었다. [그림-14]와 같다.

```

float snd1; 변수 설정
Flock flock;
ArrayList<Predator> predators = new ArrayList<Predator>();
void setup() {
    size(1280, 720, P3D);
    flock = new Flock();
    int vertexCount = 1080;
    float degUnit = 360.0/vertexCount;
    float r = 150;
    beginShape();

void render() {
    noStroke();
    float h = map(pos.x, 0, width, 0, 255);
    fill(255, 185);
    ellipse(pos.x, pos.y, snd1/60, snd1/60); 변수에 따라 선의 폭이 변환한다
}

void checkEdges() {
    if (pos.x < 0 || pos.x > width || pos.y < 0 || pos.y > height) {
        pos.set(originPos);
        pos.add(PVector.random2D().mult(30.0));
        acc = new PVector(0, 0);
        speed = originSpeed.copy();
    }
}

```

[그림-14] Processing 영상 제작 코드 예시

24) 데이터가 저장되는 컴퓨터 메모리상의 특정 위치 메모리 주소 를 가리키는 명령된 지시자로 값을 기억하는 기능 외에도 그 값들이 달라지게 변경할 수 있다.

Processing 2도 변수 2개를 설정한 후, 함수 안에 변수를 넣어주었다. 패치는 [그림-15]와 같다.

```
float snd4, snd6; 변수 설정

int nbCircles = 20;
Circle[] circles;
MyColor myColor;
float rMax, dMin;

void setup()
{
  size(1280, 720, P3D);
}
void connect(Circle c1, Circle c2)
{
  float d, x1, y1, x2, y2, r1 = c1.radius, r2 = c2.radius;
  float rCoeff = map(min(abs(r1), abs(r2)), 0, rMax, .08, 1);
  int n1 = c1.nbLines, n2 = c2.nbLines;
  for (int i = 0; i < n1; i++)
  {
    x1 = c1.x + snd6*4*r1 * cos(i * TWO_PI / n1 + c1.theta);
    y1 = c1.y + snd6*4*r1 * sin(i * TWO_PI / n1 + c1.theta);
    for (int j = 0; j < n2; j++)
    {
      x2 = c2.x + snd5/300.0*r2 * cos(j * TWO_PI / n2 + c2.theta);
      y2 = c2.y + snd5/300.0*r2 * sin(j * TWO_PI / n2 + c2.theta);
    }
  }
}
```

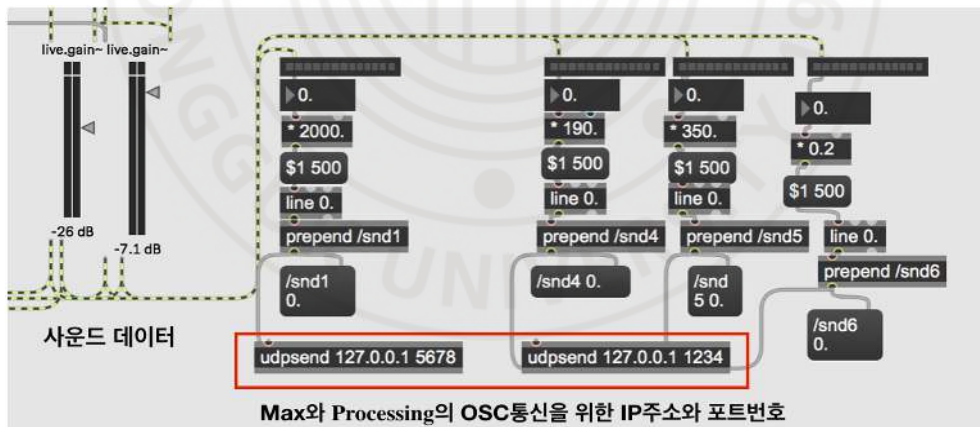
변수에 따라 도형구성하는 선의 폭이 변환한다

[그림-15] Processing 영상 제작 코드 예시

악기 연주의 사운드 데이터를 OSC 통신을 이용하여 Max에서 Processing으로 받은 사운드 데이터를 OSC 데이터로 변환하여 Processing으로 연동되는 수치를 전달하면 연주와 실시간으로 상호작용하는 Processing 영상을 만들 수 있다 .

### ③ OSC 통신을 이용한 실시간 영상 제어

Max에서 Processing으로 받은 사운드 데이터를 실시간으로 전송하여 화면을 변화시키고, After Effect로 만들어진 영상도 같이 Arena에서 음악에 따라 연동시키기 위해 OSC 통신을 사용하였다. [그림-16]는 Max에서 입력받은 사운드 데이터를 OSC 데이터로 변환하여 Processing으로 연동되는 수치를 보내는 패치다.



[그림-16] OSC 통신을 이용한 실시간 영상 제작 패치

Max로 입력된 음량 값을 Processing으로 보내기 위해 udpSend오브젝트<sup>25)</sup>를 활용한다. 이는 사운드 데이터를 영상제어 하기위해 전송할 때 사용된다. 실시간으로 빠르게 변화하는 사운드 데이터를 영상의 인터랙션에 부드럽게 적용하기 위하여 line오브젝트<sup>26)</sup>를 사용하였다. line오브젝트의 위에 램프타임을 설정하여 입력되는 데이터 값이 500ms(millisecond)<sup>27)</sup>의 속도를 가지고 부드럽게 변화하게 하였다. 이렇게 변경된 데이터들을 udpSend오브젝트를 통해 Processing과 Arena로 전송하였다. udpSend오브젝트는 UDP 방식의 통신 프로토콜을 사용하는 오브젝트로 IP주소와 포트 번호를 호스트(host)와 포트 넘버(port number)<sup>28)</sup>로 지정해주어야 한다. 같은 컴퓨터 안에서 서로 다른 프로그램끼리 통신을 하려면 내 컴퓨터를 의미하는 127. 0. 0. 1 혹은 localhost<sup>29)</sup>로 IP주소를 지정하고 포트번호는 통신하려는 프로그램 간에 동일하게 설정한다. 이 작품 같은 경우에는 사용하는 한 대 컴퓨터로 내부에서 이루어지는 통신주소를 localhost로 지정하였다. Processing 패치는 2개를 쓰기에 processing 포트 넘버(port number) 각각의 고유한 포트넘버를 다르게 지정하여 데이터의 목적지를 구별하였다.

---

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

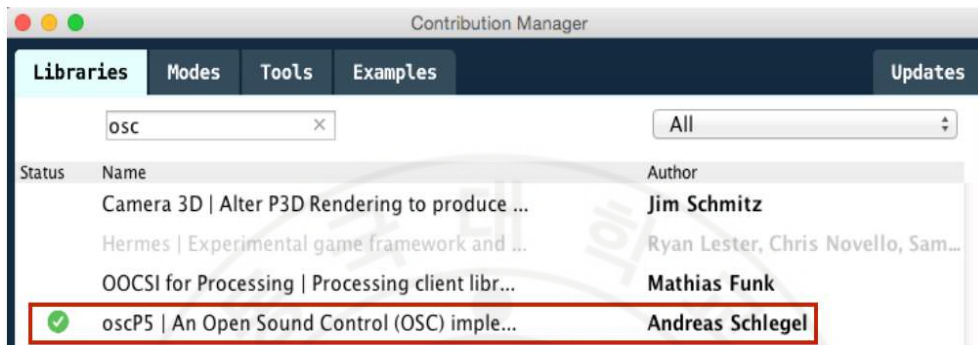
26) 사용자가 지정한 시간(ramp time)의 일정한 간격으로 숫자데이터를 A에서 B까지 이동하게 하는 오브젝트이다.

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

28) 컴퓨터 안에서 데이터의 입, 출력을 위한 통로를 의미한다.

29) 컴퓨터 네트워크에서 자신의 컴퓨터를 의미하는 호스트명이다.

Processing에서 OSC 통신으로 Max데이터를 받기 위해서는 기본 라이브러리(library)인 OSCP5를 설치해야 한다. [그림-17]



[그림-17] Processing에서 OSC 라이브러리의 적용

Processing은 udpSend오브젝트의 데이터를 수신하기 위해 OSC통신 기능을 제공하는 OSCP5 라이브러리를 사용한다. 아래 그림 [그림-18]은 OSC통신을 위한 Processing코드이다. [그림-19]은 OSC통신을 수행할 수 있는 OSCP5 라이브러리를 불러오는 코드이다.

```
import oscP5.*;
import netP5.*;

OscP5 oscP5;
NetAddress myRemoteLocation;
```

[그림-18] OSC통신을 위한 라이브러리를 불러오는 코드

[그림-19]는 Max와 Processing간의 OSC통신을 위한 주소를 설정하는 코드이다. 컴퓨터 내부에서의 통신은 127.0.0.1의 localhost IP 주소를 사용한다. 전송되는 데이터들을 따로 분리하기 위해 Max의 prepend오브젝트<sup>30)</sup>를 사용하여 송신하는 데이터 앞에 조건문을 지정한 뒤 송신한다.

```
for (int i = 0; i < 5; i++) {
  predators.add(new Predator(random(width), random(height)));
  server = new SyphonServer (this, "processing Syphon");
  oscP5 = new OscP5 (this, 5678);
  myRemoteLocation = new NetAddress("127.0.0.1", 5678);
}
```

OSC데이터 받을주소 포트 설정

[그림-19] OSC 통신을 위한 주소 설정 코드

악기의 음량 값을 사용해 Processing 영상을 제어하려면 입력되는 음량 값 사운드 데이터를 Processing에서 처리할 수 있는 변수로 지정해야한다. 실시간으로 생성되는 Processing 영상의 특정 파라미터에 통신을 OSC를 통해 전송된 사운드 데이터로 음악과 실시간 인터랙션 영상을 만들 수 있다.

[그림-20]은 OSC 통신이 가능하도록 입력받는 데이터를 변수로 설정하는 코드이다.

30) 입력되는 데이터에 지정된 메시지나 숫자를 붙여서 출력하는 오브젝트이다.

```

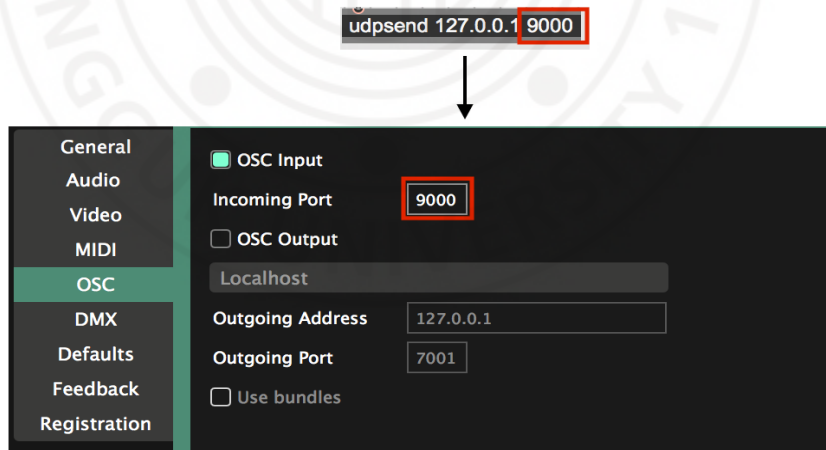
void oscEvent(OscMessage theOscMessage) {
    if(theOscMessage.checkAddrPattern("/snd1")==true) {
        float firstValue = theOscMessage.get(0).floatValue();
        snd1(firstValue);
    }
}

void snd1(float ox)          OSC통신으로 수신받은 데이터의 조건설정
{
    snd1 = ox;
}

```

[그림-20] OSC 통신이 가능하도록 입력 데이터를 변수로 설정한 코드

Max에서 Arena와 연동시키는 방법은 다음과 같다. IP주소와 포트번호를 지정해야 하며 IP주소<sup>31)</sup>는 같은 컴퓨터에서 통신을 하기 때문에 127.0.0.1를 입력한다. 그러나 포트번호는 Max와 Processing에 연동된 번호와 다르게 써야 한다. Max와 Arena의 포트번호를 일치시킨 것은 [그림-21]과 같다

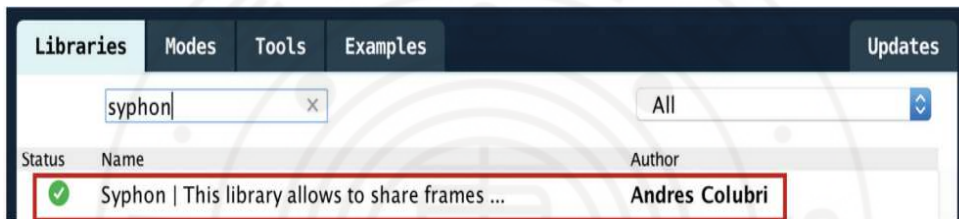


[그림-21] OSC 통신을 이용한 Max와 Arena의 연동

31) Internet Protocol address의 약어. 컴퓨터 네트워크에서 장치들이 서로를 인식하고 통신을 하기 위해서 사용하는 특수한 번호이다.

#### ④ Syphon을 이용한 Processing과 Arena의 연동

OSC통신을 통해 사운드 데이터를 Arena로 전송할 수 있지만, 영상은 전송하지 못한다. 그래서 Processing 영상을 실시간으로 Arena로 출력하기 위해 Syphon을 사용해야한다. Syphon을 사용하기 위해서는 [그림-22]과 같이 Processing 프로그램 라이브러리(library)에서 Syphon 라이브러리를 받고 설치를 한다.



[그림-22] Syphon 라이브러리 설치 모습

Syphon을 구현하는 코드도 OSC 통신과 마찬가지로 3가지 코드를 역할에 맞게 각각 해당하는 위치에 삽입한다. [그림-23]과 같이 미리 설치된 Syphon 라이브러리를 호출하는 코드를 입력한다.

```
import codeanticode.syphon.*;
```

```
SyphonServer server;
```

[그림-23] 라이브러리를 호출 하는 코그

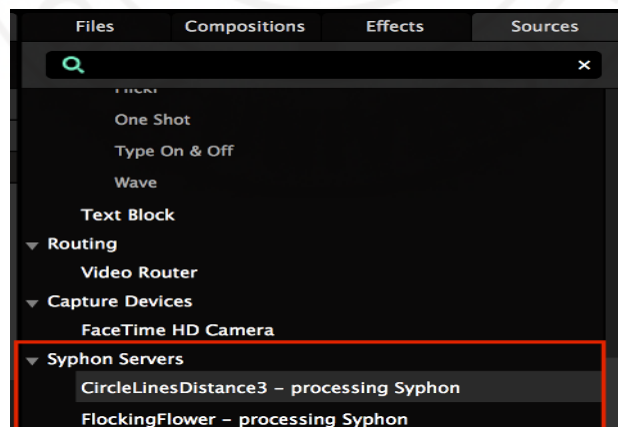
[그림-24]와 같이 서버를 생성하는 코드를 입력하고 Server를 통해 스크린으로 보내는 코드를 입력한 사진이다.

```
server = new SyphonServer (this, "processing Syphon");
oscP5 = new OscP5 (this, 5678);
myRemoteLocation = new NetAddress("127.0.0.1", 5678);
}

void draw() {
  colorMode(HSB);
  fill(0, 30);
  noStroke();
  rect(0, 0, width, height);
  flock.run();
  server.sendScreen();
}
```

[그림-24] 서버 생성 코그와 스크린에서 영상 보내는 코드

Arena에서도 Syphon을 통해 출력할 영상소스를 받아야 한다. [그림-25]은 Arena에서 Syphon을 통해 출력할 영상소스를 받는 모습이다.



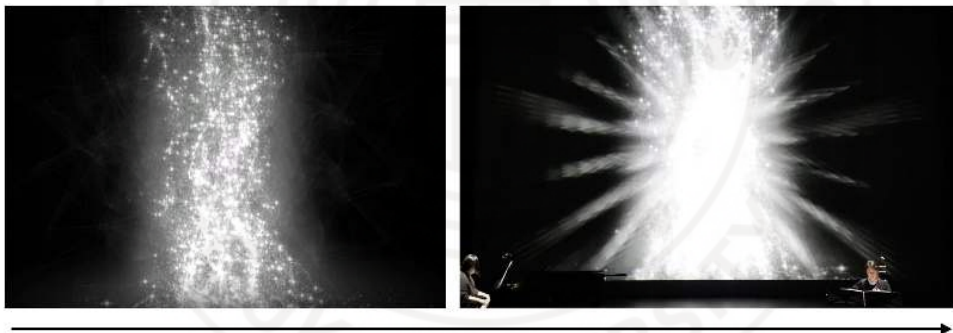
[그림-25] Syphon 통한 공유된 영상 소스

## ⑤ Arena를 이용한 영상효과

Processing을 이용해서 영상을 제작했지만, 영상의 역동성 및 극적인 효과에 대해서는 한계가 있었다. 또한 각각의 이미지로 사용된 Processing 소스를 하나의 영상으로 만들 수 있는 방법이 필요했다. Syphon을 통해 Processing의 영상을 전송하였으며, 사용된 Arena의 내장효과는 다음과 같다.

### 가. Blur 효과

특정 영역을 흐리거나 번지게 하는 효과. [그림-26]과 같다.



[그림-26] Blur 효과

### 나. Radialur 효과와 Goo 효과

Radialur 효과: blur 종류의 아웃포커싱 효과.

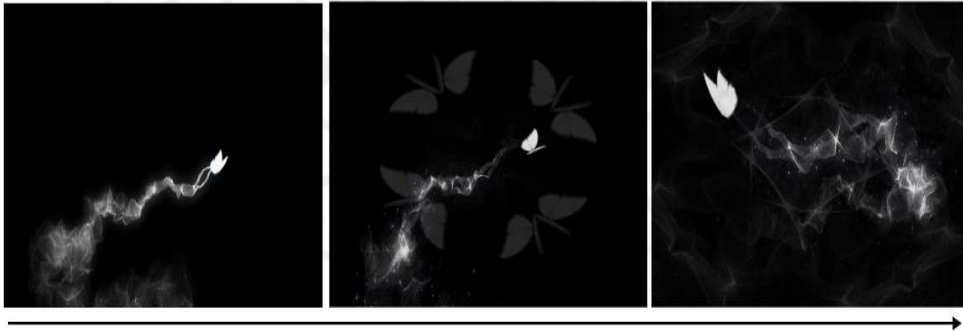
Goo 효과: 영상을 울렁이게 하는 효과. [그림-27]과 같다.



[그림-27] Radialur 효과와 Goo 효과

#### 다. kaleidoscope 효과

만화경 효과이다. [그림-28]과 같다.



[그림-28] kaleidoscope효과

라. Noisy 효과

도형을 무작위 위적으로 변형시킨다. [그림-29]와 같다.



[그림-29] Noisy 효과

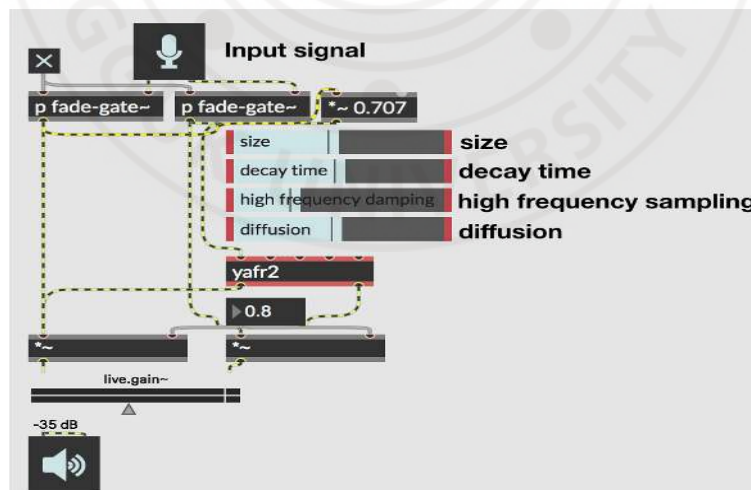
### 3) 작품에서의 연구기술 적용

#### ① A 파트

<표-6> A 파트 적용된 기술

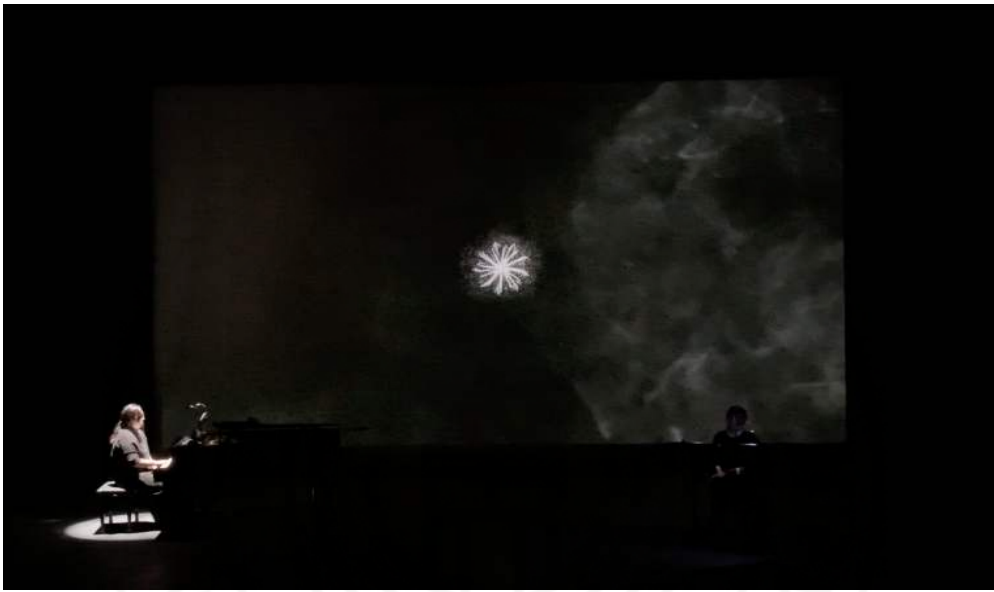
악기	얼후	피아노
시간	0:00 ~ 0:28	
영상효과	noisy	
사운드 프로세싱	없음	reverb

A파트는 Intro를 포함하고 있는데, 이 Intro파트는 공허함을 표현하기 위해, 처음에는 사운드 프로세싱 없이 피아노 드라이 사운드에 리버브만 사용하였으며 어둠 속 혼자 잠드는 느낌을 표현하였다. A파트 사운드패치 [그림-30]와 같다.



[그림-30] A 파트 Max 패치

영상은 After Effect로 만들어진 영상과 Processing 영상과 같이 나온다. Processing 영상이 Arena를 통해 Noisy 효과를 준다. [그림-31]은 A파트의 시작 장면이다.



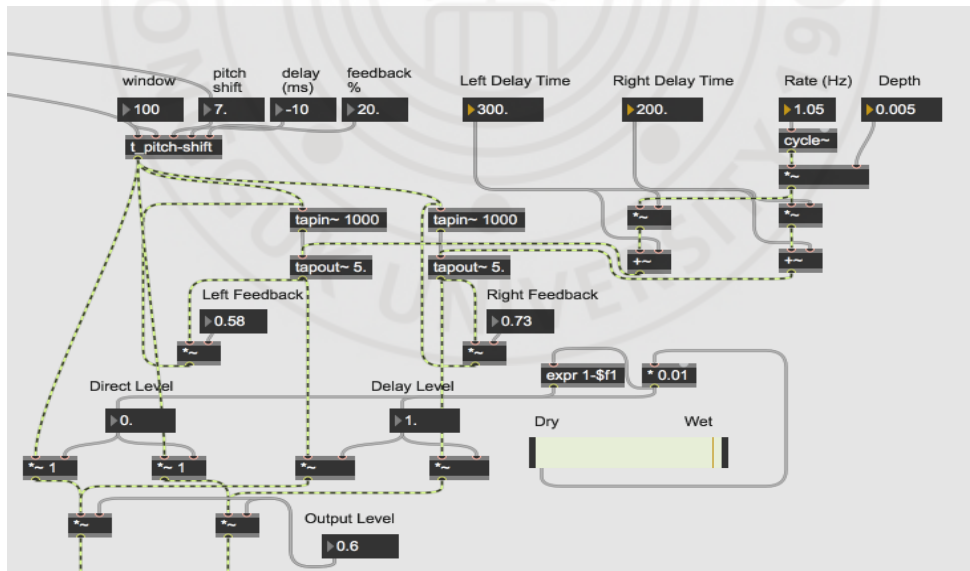
[그림-31] A 파트의 무대 영상

② B 파트

<표-7> B 파트 적용된 기술

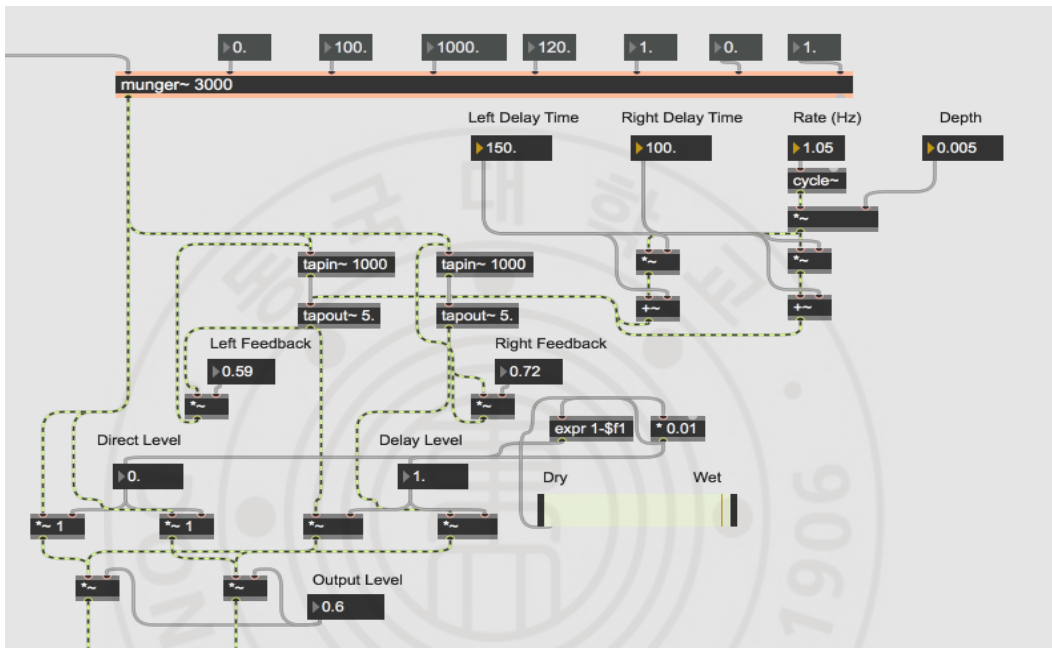
악기	얼후	피아노
시간	0:29 ~1:55	
영상효과	Blur	
사운드 프로세싱	granular synthesis flanger pitch shift	granular synthesis flanger

B파트부터 얼후의 멜로디가 시작된다. B1부분이 시작함에 따라 얼후소리가 시작된다. B1부터 B3부분까지 얼후의 단음절 trill로 시작한다. 음을 풍부하게 하기 위해 pitch shift 음향효과를 사용한다. 사운드 패치는 [그림-32]와 같다.



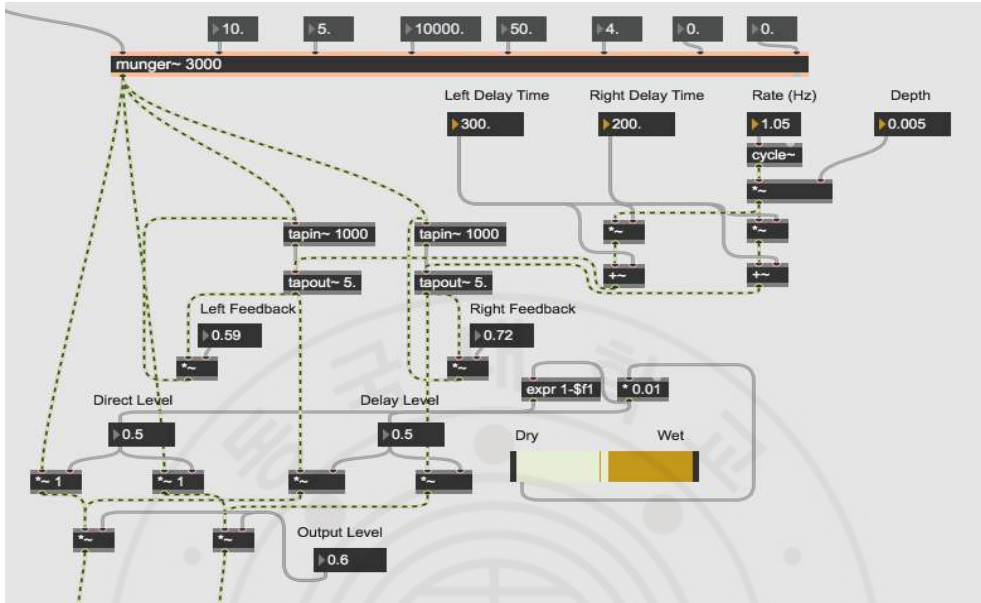
[그림-32] B1~B3 파트 얼후의 Max 패치

몽환적인 분위기로 띄우기 위해 피아노 granular synthesis 사용한다. 사운드 패치는 [그림-33]과 같다.



[그림-33] B1~B3 파트의 피아노 Max 패치

B4부분에서 일후의 멜로디가 시작된다. 이 부분에서는 꿈을 시작한 아름다운 분위기를 표현하기 위해 granular synthesis를 사용했다. 일후의 grain pitch는 4로 조절하여 프로세싱 사운드를 4옥타브 위에서 생성되게 한 후, flanger 효과를 주어 클라이맥스로 전개되는 것을 암시하였다. 사운드 패치는 [그림-34]와 같다.



[그림-34] B4 파트의 Max 패치

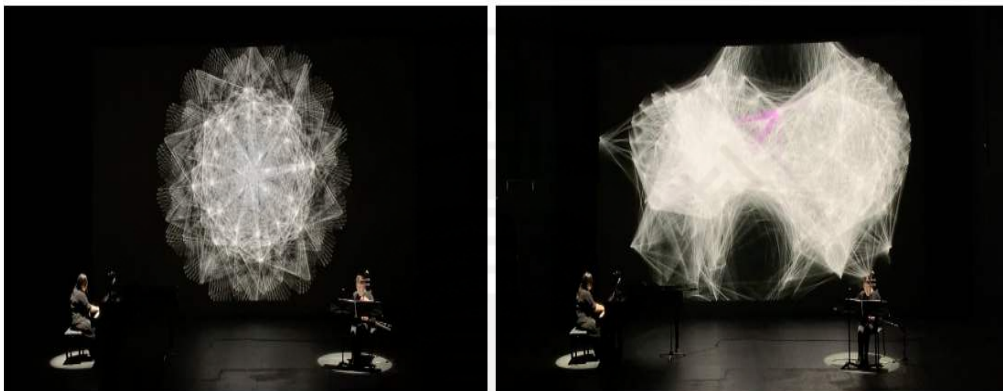
③ C 파트

<표-8> C 파트 적용된 기술

악기	얼후	피아노
시간	1:56 ~3:13	
사운드 프로세싱	granular synthesis flanger	granular synthesis

C파트는 클라이맥스부분이다. 평화를 열망하는 모습을 표현하였다. 분위기 표현하기 위하여 3개의 granular synthesis와 flanger를 사용하였다. granular synthesis의 각 grain pitch를 원음과 원음의 한

옥타브 아래 두 옥타브 아래 로 설정하여 사운드 프로세싱을 하였다. 클라이맥스 부분에서는 따로 granular synthesis와 함께 flanger를 사용하였다. 이 부분은 Arena 영상효과 없이 Processing 영상만 사용하였다. 음량 값에 따라 실시간으로 영상 크기를 변화시켰다. [그림-35]는 C 파트의 장면이다.



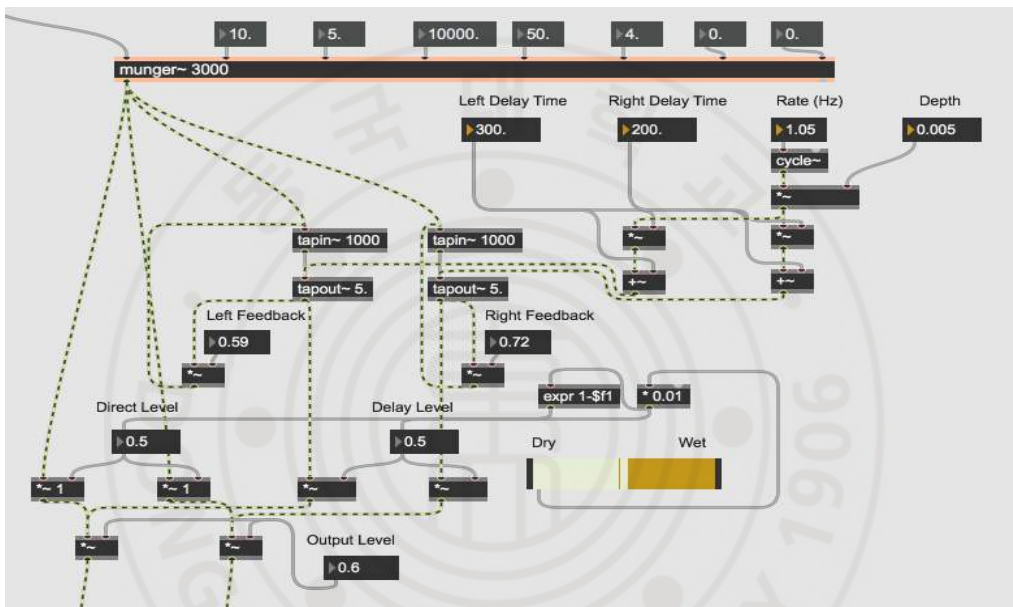
[그림-35] C 파트의 무대 영상

④ D 파트

<표-9> D 파트 적용된 기술

악기	얼후	피아노
시간	3:14 ~4:48	
영상효과	goo , polarkaleido, kaliedoscope	
사운드 프로세싱	granular synthesis flanger	granular synthesis

D 파트는 클라이맥스가 끝나고 다시 긴장한 분위기의 음악으로 돌아온다. bridge 파트이다. 이후의 장식음과 같이 사운드 프로세싱은 granular synthesis과 flanger를 사용하였다. 이후의 음색특성을 돌출하기 위한 부분이다. 사운드 패치는 [그림-37]과 같다.



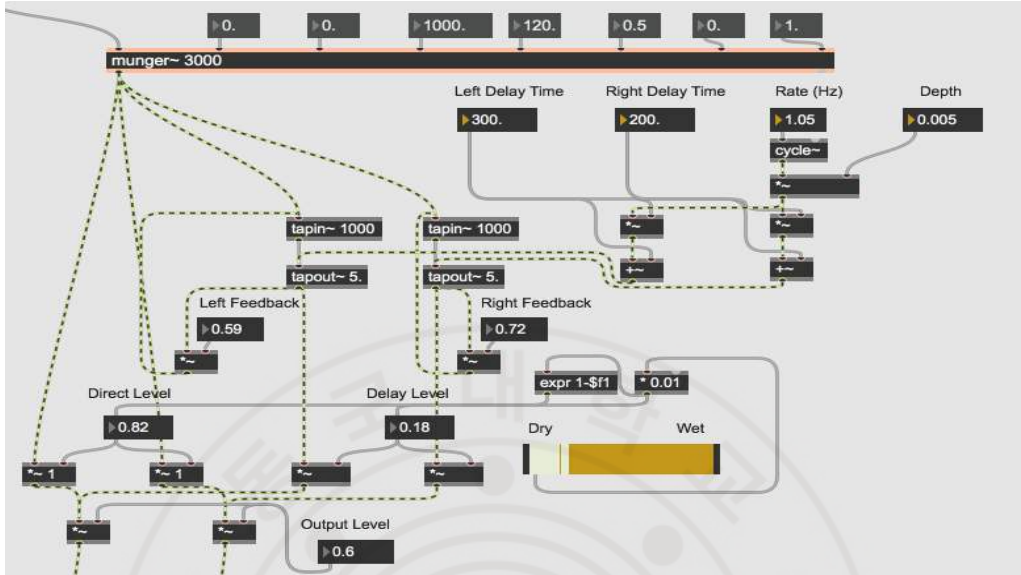
[그림-37] D 파트의 Max 패치

⑤ A' 파트

<표-10> A' 파트 적용된 기술

악기	얼후	피아노
시간	4:49 ~5:38	
영상효과	noisy	
사운드 프로세싱	granular synthesis flanger	granular synthesis flanger

음악적으로 종결되는 부분이다. 종결부분은 종지 느낌을 주기 위하여 화려한 사운드 프로세싱이 빠지고 피아노의 사운드 프로세싱만 넣어주었다. A 파트와 똑같이 사용하였고, 얼후도 어두운 느낌을 주기위해 granular synthesis의 grain pitch를 0.5로 조절하여 프로세싱 사운드를 한 옥타브 아래에서 생성되게 한 후 flanger와 함께 사용하였다. 마지막 영상의 모양은 처음 영상의 모양과 같다. A'파트 사운드패치는 [그림-29]와 같다.



[그림-37] A' 파트의 일후 Max 패치

### Ⅲ. 결 론

본 연구를 통해 일후와 피아노를 사용하여 기존의 중국 전통국악과 다르게 컴퓨터 음악과 다른 미디어를 결합하여 새로운 종류의 멀티미디어 작품을 만들고자 하였다. 음악과 영상의 실시간 상호작용 시스템을 구현하여, 사운드 비주얼라이제이션(interactive soundvisualization)을 통해 시각적인 연출을 했다. 피아노의 음량 값과 인터랙션 하는 영상을 통해 작품을 관객에게 시각적인 측면과 청각적인 측면을 결합 하나의 멀티미디어음악 작품을 보여 줄 수 있었다.

<Dreamland-몽접>은 컴퓨터를 사용하여 음악과 영상의 실시간 프로세싱을 구성하였고 컨트롤을 구현하였다. 사운드 시스템은 Max를 사용하여 실시간 사운드 프로세싱에 대해 연구하여 제작하였고 delay, reverb, flanger 음향효과가 활용된다. 또한 granular synthesis로 여러 화음이 나오는 효과를 주었다. 전통 어쿠스틱 악기에서 나올 수 없는 사운드를 컴퓨터를 통해 전자 음향적으로 만들었고 음악에 적용하였다. 영상은 Processing을 이용하여 만든 영상이 음량 값을 상호작용하는 요소로 활용하여 실시간으로 반응하였고, 시나리오에 따라 만든 영상과 함께 Arena에서 영상효과를 활용하여 상호작용을 부각시켰다. 이번 연구를 통해 실제 공연장에서 연주했을 때 컴퓨터와 다른 장비 때문에 기술적 문제도 생겼다. 실시간으로 프로세싱 되는 음향효과와 여러 가지 영상 및 영상효과로 인해, 공연장에서 컴퓨터가 느려졌는데, 이에 대한 연구가 보완되어야 한다.

본 연구의 작품에서 음악의 비주얼라이제이션을 위해 악기의 음량이 사용되었다. 또한 영상과 음악은 시나리오에 따라서 제작되었기에 각

파트는 각기 다른 의미를 지닌다. 시청각적인 요소와 기술적인 요소를 융합하여 예술을 직관적으로 전달하는 작품을 창작하는 방향의 연구가 필요하다.

Keyword(검색어)

컴퓨터음악(computer music), 소리시각화(sound visualization)  
인터랙티브 멀티미디어 음악(interactive multimedia music), Max,  
실시간 사운드 프로세싱(real-time sound processing), Processing

E-mail: [kassiali@naver.com](mailto:kassiali@naver.com)

## 참 고 문 헌

### 1. 단행본

- Leon Harkleroad, 「The Math Behind the Music」, (Cambridge University press, 2006)
- Bob Katz, 「Mastering Audio the art and the science, third edition」, (Focal Press, 2007)
- V.J.Manzo, 「Max/MSP/Jitter for music」, (Oxford University Press, 2011)
- Curtis Roads, 「The Computer for music」, (MIT Press, 1996)
- Daniel Shiffman 저 「러닝 프로세싱」, (비제이퍼블릭, 2016)

### 2. 참고논문

- 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 멀티미디어 학과, 2018)
  
- 전우진, 「컴퓨터음악과 phase music을 이용한 인터랙티브 멀티미디어 퍼포먼스 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어 학과, 2017)
  
- 조환희, 「베이스 트론본과 피아노의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한 멀티미디어 작품 제작 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2019)
  
- 최아영, 「피아노 연주의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한 멀티미디어 작품 제작 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2019)
  
- 한승욱, 「피아노의 실시간 프로세싱을 이용한 멀티미디어음악 제작 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2018)

### 3. 웹사이트

- CNMAT: external Max object, OSC

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

- Learning Processing

<http://learningprocessing.com/>

- Max

<https://cycling74.com/>

- Processing

<https://processing.org/>

- Syphon

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



## ABSTRACT

# A Study on the Production of Multimedia Music using Real-time Sound Processing for Erhu and Piano (focus on Multimedia Music <Dreamland>)

Li, Xi Ying

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

<Dreamland> is a multimedia music work made by using real-time sound processing of a erhu and piano performance. During this study, we tried to create a new kind of multimedia work by combining computer music and other media, unlike traditional Chinese traditional instrument, using erhu and piano. Implementing real-time interaction system of music and video, visual production was made through sound visualization. Through this multimedia work , be able to show the audience a multimedia music piece combining the visual and auditory

aspects.

The composition of <dreamland> can be divided into two systems which are music system and video system. 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 make videos and an Arena program can mix the videos with more effects.

In this study, implements multimedia music works that combines music and video. real-time sound processing of erhu and piano performance was performed, and interaction between sound and video was researched and applied to the work. the project was to combine two or more multimedia contents, audio and video, to produce a work and study the artistic expression of multimedia by visual and auditory interaction.

부록-1 : 작품 <Dreamland-몽접> 악보

Dreamland  
-몽접

♩ = 115

Erhu

Piano

The musical score is written for Erhu and Piano. It begins with a tempo marking of ♩ = 115. The key signature has two flats (B-flat and E-flat), and the time signature is 4/4. The score is divided into five systems. The Erhu part is mostly silent, with some notes in the final system. The Piano part features a complex accompaniment with various textures, including chords, arpeggios, and melodic lines. A large, faint watermark of a university seal is visible in the background of the score.

9

16

22

2

28

33

38

43

49

55

61

67

4

70

Musical score for measures 70-72. The system consists of three staves: a single treble clef staff at the top and a grand staff (treble and bass clefs) below. The key signature has two flats (B-flat and E-flat). Measure 70 features a continuous eighth-note melody in the treble staff and a bass line in the grand staff. Measure 71 has a rest in the treble staff and a more active bass line. Measure 72 continues the bass line with some rests.

73

Musical score for measures 73-76. The system consists of three staves. Measure 73 has a treble staff with eighth-note patterns and a grand staff with a complex bass line. Measure 74 continues the eighth-note patterns in the treble and the bass line in the grand staff. Measure 75 shows a change in the treble staff with a whole note and a more active bass line. Measure 76 features a treble staff with a whole note and a bass line with eighth-note patterns.

77

Musical score for measures 77-80. The system consists of three staves. Measure 77 has a treble staff with a whole note and a grand staff with eighth-note patterns. Measure 78 continues the treble staff with a whole note and the bass line with eighth notes. Measure 79 has a treble staff with a whole note and a bass line with eighth notes. Measure 80 features a treble staff with a whole note and a bass line with eighth notes.

81

Musical score for measures 81-84. The system consists of three staves. Measure 81 has a treble staff with a whole note and a grand staff with eighth-note patterns. Measure 82 continues the treble staff with a whole note and the bass line with eighth notes. Measure 83 has a treble staff with a whole note and a bass line with eighth notes. Measure 84 features a treble staff with a whole note and a bass line with eighth notes.

85

Musical score for measures 85-88. The system includes a vocal line and a piano accompaniment. The piano part features a bass line with eighth notes and a treble line with chords. A '8vb' marking is present in the treble line of the piano part.

89

Musical score for measures 89-90. The system includes a vocal line and a piano accompaniment. The piano part features a bass line with eighth notes and a treble line with rests.

91

Musical score for measures 91-92. The system includes a vocal line and a piano accompaniment. The piano part features a bass line with eighth notes and a treble line with rests.

93

Musical score for measures 93-94. The system includes a vocal line and a piano accompaniment. The piano part features a bass line with eighth notes and a treble line with rests.

6

95

97

99

101

103 7

Musical notation for measures 103-104. The upper staff features a whole note with a fermata. The lower staff contains a continuous eighth-note accompaniment.

105

Musical notation for measures 105-108. The upper staff has a whole note with a fermata. The lower staff continues with a continuous eighth-note accompaniment.

111

Musical notation for measures 111-113. The upper staff has a sixteenth-note melody. The lower staff has a complex accompaniment with many accidentals.

114

Musical notation for measures 114-116. The upper staff has a sixteenth-note melody. The lower staff has a complex accompaniment with many accidentals.

8

117

123

128

135

142

Musical score for measures 142-148. The system consists of a vocal line and a piano accompaniment. The vocal line is in a treble clef with a key signature of two flats (B-flat and E-flat). It begins with a half note G4, followed by quarter notes A4, B4, and C5, then a half note D5, and finally a half note E5. The piano accompaniment has a treble and bass clef. The right hand plays whole notes G4, A4, B4, and C5. The left hand plays whole notes G3, F3, E3, and D3.

149

Musical score for measures 149-154. The system consists of a vocal line and a piano accompaniment. The vocal line is in a treble clef with a key signature of two flats. It begins with a half note G4, followed by quarter notes A4, B4, and C5, then a half note D5, and finally a half note E5. The piano accompaniment has a treble and bass clef. The right hand plays whole notes G4, A4, B4, and C5. The left hand plays whole notes G3, F3, E3, and D3.

155

Musical score for measures 155-161. The system consists of a vocal line and a piano accompaniment. The vocal line is in a treble clef with a key signature of two flats. It begins with a half note G4, followed by quarter notes A4, B4, and C5, then a half note D5, and finally a half note E5. The piano accompaniment has a treble and bass clef. The right hand plays whole notes G4, A4, B4, and C5. The left hand plays whole notes G3, F3, E3, and D3.

162

Musical score for measures 162-168. The system consists of a vocal line and a piano accompaniment. The vocal line is in a treble clef with a key signature of two flats. It begins with a half note G4, followed by quarter notes A4, B4, and C5, then a half note D5, and finally a half note E5. The piano accompaniment has a treble and bass clef. The right hand plays whole notes G4, A4, B4, and C5. The left hand plays whole notes G3, F3, E3, and D3.

10

168

Musical score for measures 168-172. The score is in treble and bass clefs with a key signature of three sharps (F#, C#, G#). Measure 168 has a whole rest in the treble and a half note B2 in the bass. Measure 169 has a half note B2 in the treble and a half note B2 in the bass. Measure 170 has a whole rest in the treble and a half note B2 in the bass. Measure 171 has a whole rest in the treble and a half note B2 in the bass. Measure 172 has a whole rest in the treble and a half note B2 in the bass.

173

Musical score for measures 173-177. The score is in treble and bass clefs with a key signature of three sharps (F#, C#, G#). Measure 173 has a whole rest in the treble and a half note B2 in the bass. Measure 174 has a half note B2 in the treble and a half note B2 in the bass. Measure 175 has a whole rest in the treble and a half note B2 in the bass. Measure 176 has a whole rest in the treble and a half note B2 in the bass. Measure 177 has a whole rest in the treble and a half note B2 in the bass.

## 부록-2 : 첨부 DVD 설명

1. <Dreamland-몽접> 공연 영상: 2019년 11월 16일 이해랑 예술극장 공연 영상
2. <Dreamland-몽접>악보: 작품 악보
3. <Dreamland-몽접>Max패치: 사용된 Max/Msp 패치

얼후와 피아노의 실시간 사운드 프로세싱을  
이용한 멀티미디어 작품 제작 연구  
(멀티미디어음악 작품 <dreamland-몽접>을 중심으로)

지도교수 김 준

동국대학교 영상대학원  
멀티미디어학과 컴퓨터음악전공

이 회 영

2020



석사학위작품

얼후와 피아노의 실시간 사운드 프로세싱을

이용한 멀티미디어 작품 제작 연구

(멀티미디어음악 작품 <dreamland-몽점>을 중심으로)

이희영

지도교수 김준

이 논문을 석사학위 작품으로 제출함

2019년 12월

이희영의 음악석사(컴퓨터음악)학위 작품을 인준함

2020년 1월

위원장 정진헌

위원 김정호

위원 김준

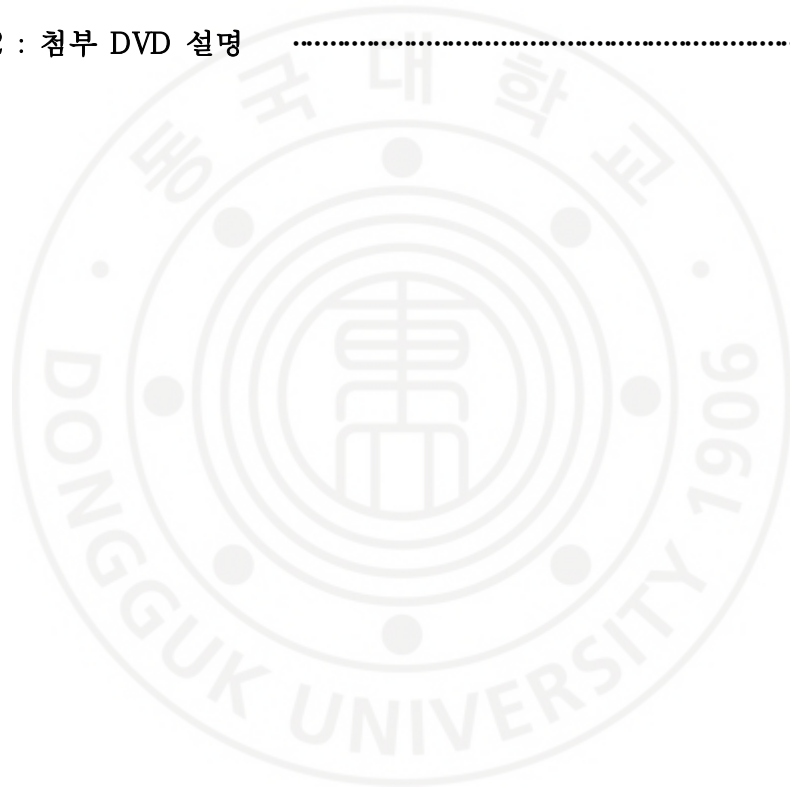
동국대학교 영상대학원

## 목 차

I. 서론	1
1. 연구 배경 및 목적	1
2. 멀티미디어작품 사례연구	2
1) Interactive Music	2
2) 소리시각화 작품	2
II. 본론	4
1. 악기 특성분석	4
1) 얼후(erhu)의 배경	4
2) 얼후의 구조 및 음색특성분석	5
3) 얼후의 음역대	7
2. 작품 구성	8
1) 작품 개요	8
2) 음악 구성	9
3) 영상 구성	10
4) 시스템 구성	13
① 사운드 시스템	13
② 영상 시스템	14
5) 무대 구성	16
3. 기술적 연구	17
1) 사운드 프로세싱	17
① granular synthesis 음향효과	17

② flanger 음향효과 .....	19
③ pitch shift 음향효과 .....	19
④ reverb 음향효과 .....	20
⑤ delay 음향효과 .....	21
2) 영상 제작연구 .....	22
① After Effect를 활용한 영상제작 .....	22
가. Mask 기능을 이용한 영상 제작 .....	23
나. Opacity 값 조절을 통한 영상제작 .....	24
② Processing을 이용한 영상제작 .....	27
③ OSC 통신을 이용한 실시간 영상제어 .....	31
④ Syphon을 이용한 Processing과 Arena의 연동 .....	36
⑤ Arena를 이용한 영상효과 .....	38
가. Blur 효과 .....	38
나. Radialur 효과와 Goo 효과 .....	38
다. kaleidoscope 효과 .....	39
라. Noisy 효과 .....	40
3) 작품에서의 연구기술 적용 .....	41
① A 파트 .....	41
② B 파트 .....	43
③ C 파트 .....	45
④ D 파트 .....	46
⑤ A' 파트 .....	48
 III. 결 론 .....	 50

참 고 문 헌 .....	52
ABSTRACT .....	55
부록-1 : 작품 <dreamland-梦蝶> 악보 .....	57
부록-2 : 첨부 DVD 설명 .....	67



## 표 목 차

<표-1> 영상 시나리오 .....	10
<표-2> granular synthesis 설명 .....	18
<표-3> grain pitch 파라미터 의미 .....	18
<표-4> After Effect 이용해서 만든 영상 .....	25
<표-5> Processing 영상 .....	28
<표-6> A 파트에 적용된 기술 .....	41
<표-7> B 파트에 적용된 기술 .....	43
<표-8> C 파트에 적용된 기술 .....	45
<표-9> D 파트에 적용된 기술 .....	46
<표-10> A' 파트에 적용된 기술 .....	48

## 그 립 목 차

[그림-1] 작품 <octofalls>의 사진 .....	3
[그림-2] 얼후의 구조 .....	5
[그림-3] 얼후의 음역대 .....	7
[그림-4] 사운드 시스템 .....	13
[그림-5] 영상 시스템 .....	15
[그림-6] 무대 구성 .....	16
[그림-7] munger~오브젝트 .....	17
[그림-8] flanger 음향효과를 구현한 Max 패치 .....	19

[그림-9] reverb 음향효과 구현한 Max 배치 .....	20
[그림-10] delay 음향효과 구현한 Max 배치 .....	21
[그림-11] After Effect로 만든 과정 .....	23
[그림-12] 마스크 등속으로 올라가는 과정 .....	23
[그림-13] After Effect 로 만든 과정 .....	24
[그림-14] Processing 영상 제작 코드 예시 .....	29
[그림-15] Processing 영상 제작 코드 예시 .....	30
[그림-16] OSC 통신을 이용한 실시간 영상 제작 패치 .....	31
[그림-17] Processing에서 OSC 라이브러리를 받는 모습 .....	33
[그림-18] OSC 통신을 위한 라이브러리를 불러오는 코드 .....	33
[그림-19] OSC 통신을 위한 주소 설정 코드 .....	34
[그림-20] OSC 통신이 가능하도록 입력 데이터를 변수로 설정한 코드 .....	35
[그림-21] OSC 통신을 이용한 Max와 Arena의 연동 .....	35
[그림-22] Syphon 라이브러리 설치 모습 .....	36
[그림-23] 라이브러리를 호출하는 코드 .....	36
[그림-24] 서버 생성 코드와 스크린에서 영상 보내는 코드 .....	37
[그림-25] Syphon을 통해 공유된 영상 소스 .....	37
[그림-26] Blur효과 .....	38
[그림-27] Radialur효과와 Goo효과 .....	39
[그림-28] kaleidoscope효과 .....	39
[그림-29] Noisy효과 .....	40
[그림-30] A 파트 Max 패치 .....	41
[그림-31] A 파트의 무대 영상 .....	42
[그림-32] B1~B3 파트 얼후의 Max 패치 .....	43

[그림-33] B1~B3 파트의 피아노 Max 패치 .....	44
[그림-34] B4 파트의 Max 패치 .....	45
[그림-35] C 파트의 무대 영상 .....	46
[그림-36] D 파트의 Max 패치 .....	47
[그림-37] A' 파트의 Max 패치 .....	49



# I. 서 론

## 1. 연구 배경 및 목적

현대 과학기술이 빠르게 발전함에 따라 두 가지, 혹은 그 이상의 미디어들의 융합으로 이루어진 멀티미디어<sup>32)</sup>도 함께 빠른 발전을 가져오고 있다. 다양한 매체를 사용하고 있는 멀티미디어 기술은 컴퓨터 음악을 다양한 방향으로 조작할 수 있는 기술적 수단으로써 활용되고 있으며, 음악 매체의 기능적 범주를 확장함에 큰 영향을 미치고 있다.

본 연구에서는 얼후<sup>33)</sup>와 피아노 연주의 실시간 사운드 프로세싱(real-time sound processing)을 하였고, 사운드와 영상 간의 인터랙션을 연구 및 활용하여 작품에 적용하였다. 오디오와 비디오라는 두 가지 이상의 멀티미디어 콘텐츠(multimedia contents)를 융합하여 작품을 제작하고 시각과 청각의 상호 작용에 의한 멀티미디어의 예술적 표현 연구를 목적으로 하였다.

---

32) 디지털화된 미디어의 복합체, 글자, 소리, 영상의 복합체이며, 디지털 상태인 것을 말한다.

33) 2개의 현을 가진 중국의 찰현악기.

## 2. 멀티미디어작품 사례연구

### 1) Interactive Music

작품 <Snow Spell>은 중국 타이완 아티스트 정진문 (chien-wen cheng) 2007년에 만든 작품이다. 얼후, 플루트, 첼로, 피아노 실제연주 소리가 Max를 통해 연주의 실시간 사운드 프로세싱과 함께 연주를 하였다. 창작의 영감은 설경을 감상할 때 불러일으키는 문화 연상, 개인감정과 환상이 뒤섞인 네 가지 대설의 인상에서 나온다. 얼후의 각 전통 활음, 장식음의 연주기교는 서로 다른 다이얼링 기법을 조합해서 중국 문화의 심상을 전달하는데 도움을 주었다. 전곡은 삼도음정을 주된 동기로 사용하여 성조와 무조성(無調性) 사이를 전환하여 동양적 소재 및 서양의 창작기법을 하나로 융합하였다.

### 2) 소리시각화 작품

음악과 영상의 결합은 음악의 시각화 예술이라고 한다. 이것은 새로운 시대의 예술 발전에서 주요하게 나타나고 있는 표현법이다. 음악 시각화 예술은 음악의 구조를 영상적인 표현과 결합하여 지능적으로 이해하고 분석 비교하는 방식으로 대중에게 가장 직관적인 느낌을 주는 기술이다.

작품 <octofalls>는 일본 아티스트 료이치 쿠로카와<sup>34)</sup> 만들었다. 작품은 혼란에 대항하는 천백 개의 방법을 상징하며, 천장에는 8개의 커다란

---

34) 료이치 쿠로카와는 1978년에 태어난 독일 베를린에서 살고 일하고 있다 일본 예술가이다. 쿠로카와의 작품은 설치 작품, 녹음, 연주곡 등 다양한 형태를 취하고 있다. 그는 현장 녹음과 디지털 생성 구조물로 시간 조각을 구성하고, 건축적으로 시청각 현상을 재구성한다.

스크린이 걸려있고, 절벽에서 솟구치는 폭포의 모습을 화면에 담고 있으며, 자연환경에서 추출한 360도로 둘러싸인 물줄기의 충돌 소리와 어우러져 마치 자연에 몸을 담는 듯한 느낌을 준다. [그림-1]



[그림-1] 작품 <octofalls>의 사진

본 작품은 실시간 사운드 프로세싱을 사용하였으며 음악과 영상을 연동시키는 소리시각화 기술(sound visualization)을 작품에 적용하였다. Max등 응용 프로그램을 이용하여 사운드와 영상의 인터랙션을 새로운 형식으로 구현하였다.

## II. 본론

### 1. 악기 특성분석

#### 1) 얼후(erhu)의 배경

북송시대 북방 소수민족에게 전수되어진 얼후는 중국의 대표적인 악기로 두 개의 줄이란 뜻을 가졌으며, 후친(胡琴) 혹은 한자 그대로 읽어 이호라고도 부르며 영미권에서는 Chinese Fiddle, Southern Fiddle(중국 바이올린, 남부 바이올린)으로도 불린다. 여기서 '얼'은 숫자 '2'를 의미하고 '후'는 찰현악기를 지칭한다. 원나라 때부터 전국적으로 유행하기 시작하여 지역의 특색과 연주의 필요성에 따라 악기구조가 조금씩 개량되어 여러 형태의 악기로 발전하게 되었으며, 그 중 보편적으로 많이 사용되는 것이 얼후이다.

1919년 리우토펜화(Liu Tianhua)<sup>35)</sup> 선생을 시작으로 독주 연주법이 생긴 얼후는 경극이나 지방민가의 합주용으로 많이 사용되었으며, 특히 얼후는 전통악기임에도 불구하고 서양 연주곡을 표현함에 있어 표현력과 연주기법이 흡사하여 중국 전통음악뿐만 아니라 다양한 음악장르에 폭넓게 사용되고 있다.

---

35) 리우토펜화(Liu Tianhua)는 중국 근대 작곡가, 연주가, 음악 교육가이다. 리우토펜화(Liu Tianhua)의 음악 창작 성취는, 주로 민족 기악곡 방면에 있다.

## 2) 얼후의 구조 및 음색특성분석

얼후의 구조를 살펴보면 [그림-2]와 같다.



[그림-2] 얼후의 구조

[그림-2]에서 보는 바와 같이 얼후는 금피(琴皮)를 씌운 금통(琴筒) 위에 금간(琴杆)을 세우고 금탁(琴托)에서부터 금축(琴軸)까지 내현(內絃)과 외현(外絃)을 연결하여, 그 두 현 사이에 금궁(琴弓)을 끼워 연주하는 구조이다. 금피 위에 금마(琴馬)를 올려 현을 괴도록 되어있는데, 금마 아래쪽 현의 밑 부분에 공제점(控制墊)이라는 천을 끼워 넣는다.

악기를 제작할 때 기본 틀을 통일하였고, 연주방법을 보다 과학적으로 발전시키며 더욱 보편화되었는데, 연주기교 및 표현력도 풍부하게 되었다. 얼후의 울림통(금통)은 재질이 단단한 홍목이나 자단목으로 만들어졌고 6각형 또는 8각형의 모양이다. 복판은 뱀가죽을 사용하고 있는데, 이는 얼후 특유의 악기음색을 결정 짓는데 중요한 요소 중 하나이다.

얼후는 첼로 된 금속 줄을 사용하여 서양의 바이올린처럼 손가락 끝을 현에 대서 연주하며 음색이 밝고 음량이 크다. 여러 자료들을 통하여 살펴보면 얼후와 해금의 뿌리는 같다고 볼 수 있다. 그러나 악기의 재료와 소재가 달라 음색이 다르다.

얼후의 소리는 인간의 목소리에 가장 가까운 소리이다. 음악은 말로 할 수 없는 여러 가지 섬세한 감정을 표현할 수 있는 가장 좋은 도구임에 분명하다. 2개의 현에서 전해져 오는 애잔한 음색의 얼후는 철현과 나무, 그리고 가죽의 만남으로 인간의 목소리에 가장 가까운 소리를 구현해 낸다. 따뜻하면서도 어딘지 모르게 슬픈 음색은 사람 목소리를 흉내는 모든 악기 중에서 가장 비슷하다. 이 특징을 이용하여 현대 곡목을 각색하고 연주하여 더 큰 발전의 공간을 주었다.

### 3) 얼후의 음역대

얼후의 조현법<sup>36)</sup>은 통상 완전 5도 정현법을 사용하며 외현은 A음, 내현은 D음으로 조율한다. 얼후의 음역대<sup>37)</sup>는 [그림-3]과 같다.



[그림-3] 얼후의 음역대

[그림-3]에서 보는 바와 같이 얼후의 음역대는 내현(內絃)의 개방현 음인 D3에서 E5음까지이다.

36) 조현법은 악기 현(絃)의 음높이를 연주하기 좋은 상태가 되도록 일정하게 조정하는 방법을 말한다. 일반적으로 현악기는 각 현의 표준 음고가 정해져있으며, 이 음고에 따라 조현한다.

37) 음역은 악기가 만들어 낼 수 있는 가장 낮은 음에서 가장 높은 음까지의 범위를 말하는데, 여기서는 일반적으로 사용하는 음에 대한 음역, 즉 음역대를 뜻한다.

## 2. 작품 구성

### 1) 작품 개요

<Dreamland-몽접<sup>38)</sup>>은 나비의 주요 이미지를 의인화하여 꿈으로 표현한 작품이다. 제목에서 나오는 ‘몽접’은 중국의 <호접지몽>이라는 이야기 비롯된 것이다. <호접지몽>은 몰아(物我)<sup>39)</sup>의 구별을 잊음을 비유하여 이르는 말로, 장자(莊子)<sup>40)</sup>가 꿈에 나비가 되어 즐기는데, 나비가 장자인지 장자가 나비인지 분간하지 못했다는 고사에서 온 말이다. 이 이야기는 몰아의 구별이 없는 만물일체를 이야기 한다. 오늘날에는 인생의 덧없음을 비유하여 쓰이기도 한다. 처음에는 흑백, 백야, 꿈과 현실 같은 양극화된 단어에 관심이 있지만, 이 이야기와 같이 생각하면 그 중에 영감을 받고 음악을 통해 그 느낌을 표현하려고 해서 그 화면이 어떤지 생각하면서 작품을 시나리오에 따라 만들었다.

---

38) 중국<호접지몽>은 한자를쓰면 ‘胡蝶之夢’이다. 胡(호):오랑캐 캐 蝶(접):나비 之(지):의 夢(몽):꿈

39) 외물(外物)과 자아(自我), 또는 객체와 주체. 유교 사회에서는 몰아일체(物我一體)를 추구하는 경향이 현저했는데, 객관 사물과 자신이 어긋나지 않고 하나로 합일되는 것을 이상적인 심성수양으로 보았음.

40) 장자(莊子)는 중국 전국시대의 사상가로 성은 장(莊), 이름은 주(周)이다. 전쟁이 끊이지 않는 불안한 시대를 살았던 그는 인간의 참 자유가 무엇인지를 사유하게 되었고, 그 자유를 추구하는 일에 평생을 바쳤다.



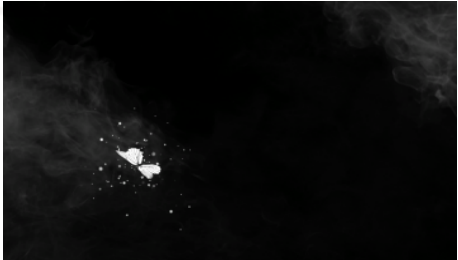
## 2) 음악 구성

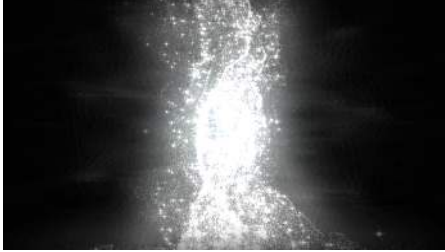

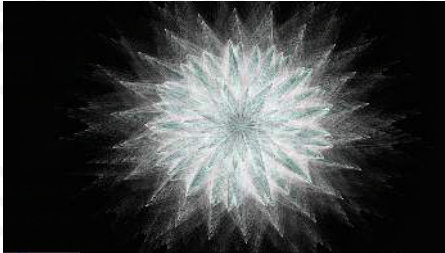

본 연구에서 음악은 실제악기 연주와 실시간 사운드 프로세싱으로 구성하였다. 작품의 음악적 구조는 크게 A-B-C-D-A' 형식으로 이루어져 있으며, A파트는 차분하고 조용한 느낌으로 피아노의 높은 음역으로 시작하고, 마지막 A'파트도 피아노가 똑같이 나오는데 동시에 얼후가 들어가 쓸쓸한 느낌을 주었다. 음악 전체적으로 시나리오에 맞춰서 제작하여 각각의 파트들은 각자의 의미를 지니고 있다. B부분은 얼후 소리 중심으로 나오는 부분이며, 멜로디가 시작하는 부분이다. 얼후에 vibrato, trill 등의 연주법을 사용하였다. C부분이 작품의 클라이맥스 혹은 중심부분이다. D부분은 bridge이다. 얼후의 음색특징을 뚜렷하게 하며, 장식음 중심으로 나온다.



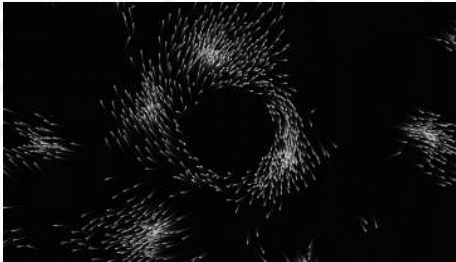

### 3) 영상 구성

본 연구에서 나오는 영상은 음악과 같은 시나리오에 따라서 구성한다. 영상의 각 파트 구성은 아래 <표-1>와 같다.

<표-17> 영상 시나리오

장면 및 설명	이미지
<p>A. 0:00 ~ 0:28</p> <p>잠이 든다. 꽃이 나오는 규칙은 피아노소리에 따라서 사람의 규칙적인 심장박동처럼 보인다. 고개는 몽롱한 띄우려고 한다.</p>	
<p>B1. 0:27 ~ 0:37</p> <p>꽃이 있는 위치에서 나비로 변화하고 날아간다. 갑자기 나오는 일후소리에 따라 꿈을 시작된다.</p>	
<p>B2. 0:37 ~ 0:49</p> <p>나비 한 마리가 화면에서 들어오고 다시 날아간다. 사람을 비유한다.</p>	

<p>B3. 0:50 ~1:28</p> <p>먼저 꿈의 아름다운 모습을 그려준다.</p>	
<p>B4. 1:28~1:55</p> <p>자기가 나비를 된다.</p>	
<p>C1. 1:56 ~2:28</p> <p>꿈과 환상의 세계를 표현한다.</p>	
<p>C2. 2:28 ~3:13</p> <p>꿈과 환상의 세계 순간으로 변할 수 있다.</p>	

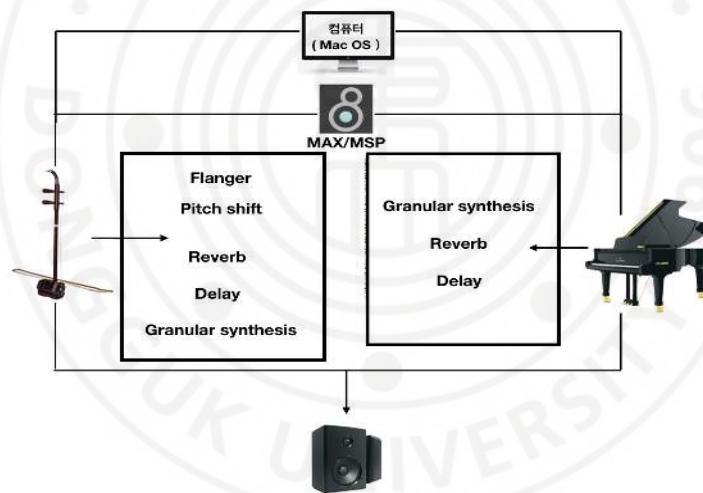
<p>D1 3:14 ~4:48</p> <p>꿈을 갑자기 깨는 순간을 표현한다.</p>	
<p>D2 3:41 ~3:53</p> <p>나비와 자기자신 사이의 공존을 표현한다.</p>	
<p>A'1 3:54 ~4:50</p> <p>윤회 같은 현실, 꿈과 현실의 윤회를 상징한다.</p>	
<p>A'2 4:51 ~5:33</p> <p>다시 처음 시각한 것으로 돌아간 장면을 표현한다.</p>	

#### 4) 시스템 구성

##### ① 사운드 시스템

작품은 얼후와 피아노 연주와 실시간으로 프로세싱 되는 사운드를 함께 구현하였다.

사운드 시스템은 Max를 이용하여 구현하였다. 얼후의 실시간 사운드 프로세싱은 reverb<sup>41)</sup>, flanger<sup>42)</sup>, granular synthesis<sup>43)</sup>, delay<sup>44)</sup> 음향효과가 사용되었고, 피아노의 실시간 사운드 프로세싱은 reverb, granular synthesis, delay 음향효과가 사용되었다. 사운드 시스템은 [그림-4]와 같다.



[그림-4] 사운드 시스템

- 41) 한정된 공간에서 발생한 소리가 주위의 장애물들에 부딪혀 반사를 되풀이 하며 그 반사음이 시간이 지남에 따라 원래의 소리가 변화되고 점점 작아지며 소리의 여운이 발생하는 음향효과이다.
- 42) delay를 응용한 음향효과. 지연된 음에 25-50ms정도 지연시킨 사운드를 혼합하여 풍부함을 내는 효과.
- 43) 입력 사운드를 작은 샘플조각(grain)으로 나누어 재조합하는 소리 합성방식이다.
- 44) 입력되는 소리를 녹음하여 저장한 뒤 시간의 차이를 두고 재생시켜 반복하는 음향효과이다.

## ② 영상 시스템

본 연구에서 영상을 제작하기 위해 음악 사운드의 데이터를 실시간으로 받아서 상호작용이 되는 Processing<sup>45)</sup>과 영상을 제작할 수 있는 After Effect<sup>46)</sup>를 이용하였고, 영상의 최종 출력과 실시간 효과를 주기 위해 Arena<sup>47)</sup>를 사용하였다.

영상 사운드 시스템은 [그림-5]와 같이 구성되었다. 연주 사운드의 실시간 사운드 프로세싱으로부터 출력된 사운드 데이터를 Max에서 받아 Processing으로 보내게 된다. 그리고 Processing을 받는 사운드 데이터는 원하는 수치로 설정되어 영상을 실시간으로 변화시키고 음악과 영상의 인터랙션 작용에 사용된다. Processing에 들어온 데이터는 실시간으로 영상의 변화 값에 영향을 준다. Processing을 통해 생성된 영상은 Syphon<sup>48)</sup>을 통해 Arena로 보내지고, After Effect를 통해 만들어 놓은 영상 소스들은 실시간으로 파라미터를 움직여 이펙트 효과가 나타나게 되며 메인 스크린으로 최종 출력된다.

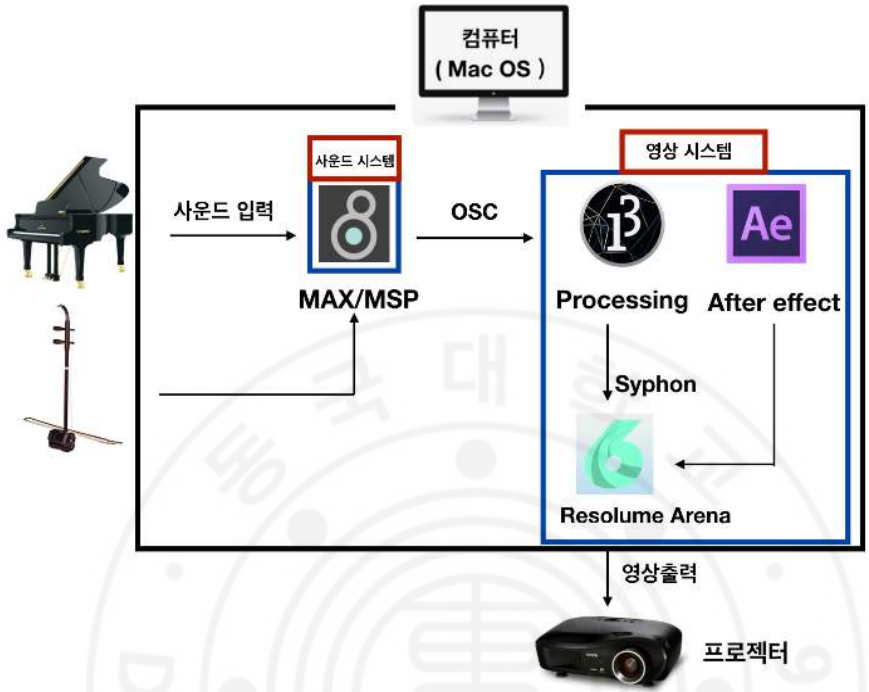
---

45) MIT 미디어 랩의 'Aesthetics and Computation' 그룹에 의해 2001년 만들어진 오픈 소스 프로그래밍 언어.

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

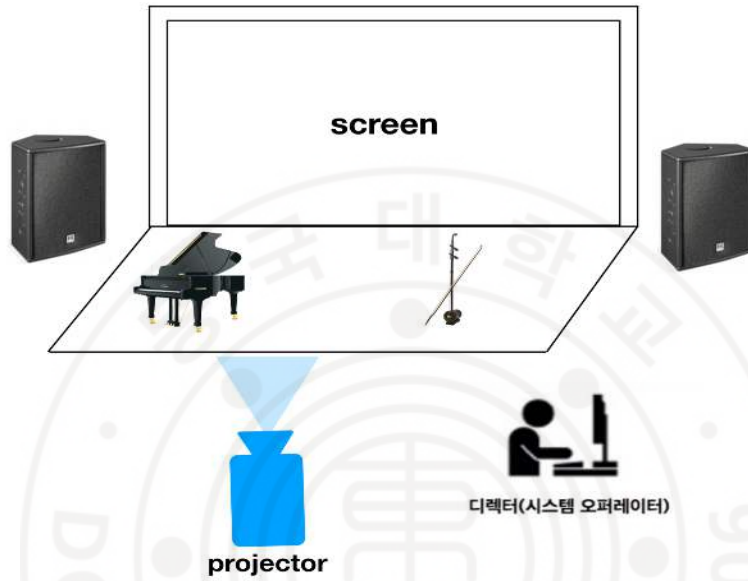
47) Resolume에서 개발한 영상 믹싱 프로그램으로 실시간 비주얼 퍼포먼스를 위해 주로 사용. 본 연구에서는 최신 버전인 Arena6를 사용한다.

48) 응용 프로그램사이의 영상 프레임을 서로 공유할 수 있게 해주는 기반의 오픈소스이다.



[그림-5] 영상 시스템

## 5) 무대 구성



[그림-6] 무대 구성

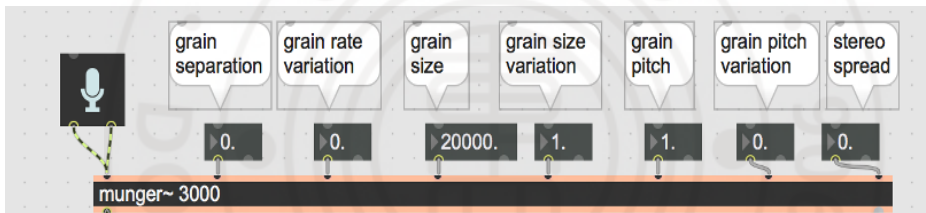
[그림-6]은 작품의 무대 구성이다. 피아노는 무대 왼쪽에 위치하고, 얼후는 무대 오른쪽에 배치하였고, 두 연주자에게만 조명이 비춰지도록 하였다. 스크린 전체에 영상을 투사하였으며 오퍼레이터(operator)는 객석 맨 뒤쪽 오른쪽에 위치해 무대를 모니터하며 시스템을 제어한다.

## 2. 기술적 연구

### 1) 사운드 프로세싱

#### ① granular synthesis 음향효과

granular synthesis 음향효과는 입력되는 사운드가 작은 크기의 샘플조각(grain)으로 미세하게 나누어 재조합 및 가공하는 소리 합성방식이다. 본 연구에서는 Max의 munger~오브젝트<sup>49)</sup>를 사용하여 [그림-7]과 같이 munger~오브젝트를 7개의 파라미터가 가지고 있다.



[그림-7] munge~오브젝트

munger~오브젝트의 각 파라미터가 의미하는 바는 아래 표와 같다.

49) Max의 외부(external)오브젝트이며, 내장된 오브젝트가 아니기 때문에 Max의 Package manager에서 다운받아야한다. Columbia University에서 만들었으며 본 작품에서 사용된 버전은 Dan Trueman과 R. Luke Dubois에 의해 수정된 버전이다.

〈표-2〉 granular synthesis 설명

grain separation	grain rate variation	grain size	grain size variation	grain pitch	grain pitch variation	stereo spread
샘플 조각의 간격	샘플 조각의 간격이 변화하는 값	샘플 조각의 크기	샘플 조각의 크기가 변화하는 값	샘플의 음정	샘플 음정이 변화하는 값	음정이 퍼지는 정도

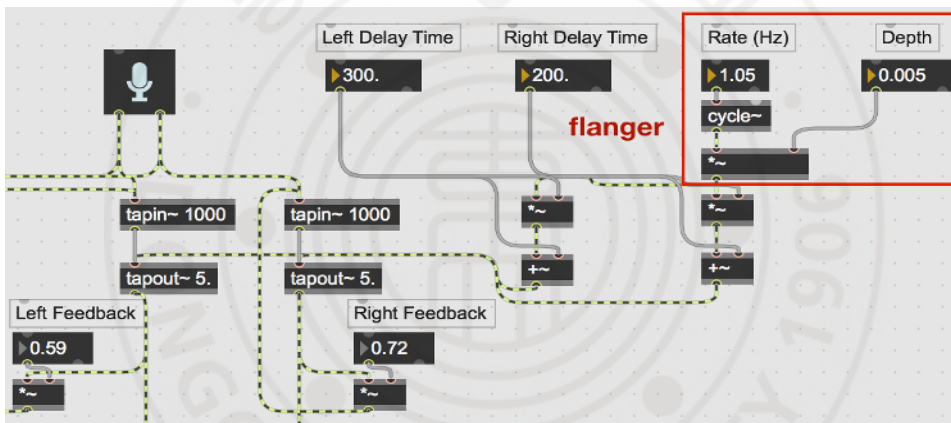
〈표-2〉는 각 파라미터에 대한 설명이며 grain separation, grain rate variation, grain size, grain size variation의 단위는 밀리세컨드(ms)이다. grain pitch의 파라미터 값은 2<sup>n</sup>처럼 2의 지수에 해당되는 값에 따라 옥타브 간격으로 음정이 변화된다. 지수가 0인 경우, 음정의 변화가 없으며 입력되는 사운드의 원 음정으로 출력된다. 1, 2와 같이 양수일 경우, 한 옥타브 씩 위로 음정이 변형되고 반대로, 지수가 -1, -2로 음수일 경우에는 한 옥타브 씩 아래로 음정이 변형되어 출력된다. 다음의 〈표-3〉에서 grain pitch의 파라미터 값을 정리하였다.

〈표-3〉 grain pitch 파라미터 의미

파라미터	$2^{-n}$	$2^{-2}=0.25$	$2^{-1}=0.5$	$2^0=1$	$2^1=2$	$2^2=4$	$2^n$
음역	n옥타브 아래	2옥타브 아래	1옥타브 아래	원음	1옥타브 위	2옥타브 아래	n옥타브 위

## ② flanger 음향 효과

flanger 음향효과는 delay 음향효과를 응용한 것으로, 입력한 음을 약간 지연시켜 다시 원음에 더하는 것이다. [그림-8]은 flanger 음향효과를 Max에서 구현한 패치이다. delay 음향효과에서 응용이 되며, cycle~오브젝트50)를 통해 주기적으로 움직이는 파형의 수치를 각각의 delay time에 곱하고 더해주어 tapout~오브젝트에 입력을 시킨다. 그 결과 원래의 소리와 아주 짧게 지연된 소리가 합쳐져서 음정이 주기적으로 변하다.



[그림-8] flanger음향효과 구현한 Max 배치

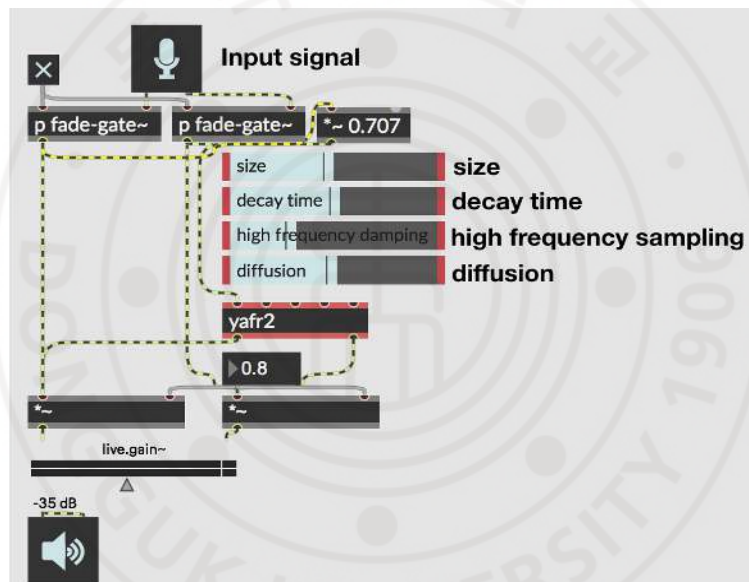
## ③ pitch shift 음향효과

pitch shift는 원래 음을 반음 올리거나 내리는 기법이다. 이 작품에서 화음 만들기 위해 flanger와 같이 사용한다.

50) 주기적으로 cosine 파형을 생성하는 오브젝트.

#### ④ reverb 음향효과

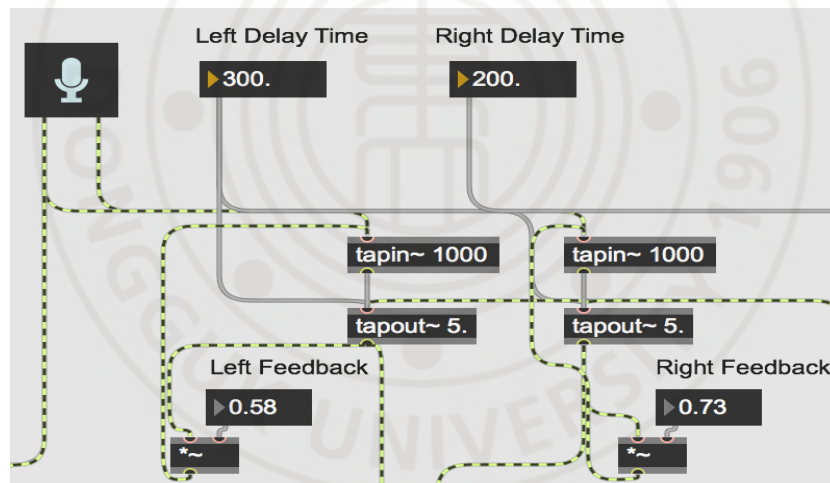
[그림-9]는 Max를 사용하여 리버브를 구현한 패치이다. 각 모듈은 size(공간의 크기), decay time(감쇄시간), high frequency damping(고주파 대역 소리의 강도), diffusion(소리의 발산)으로 구성되고, 파라미터들의 조절을 통하여 연주되는 악기 소리에 풍부한 공간감을 더하여 부드러운 사운드를 만들 수 있다.



[그림-9] reverb음향효과 구현한 Max 패치

### ⑤ delay 음향효과

[그림-10]의 delay 패치는 Max의 tapin~오브젝트와 tapout~오브젝트가 사용된다. 컴퓨터는 RAM<sup>51)</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-10] delay음향효과 구현한 Max 배치

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

## 2) 영상 제작연구

### ① After Effect를 활용한 영상제작

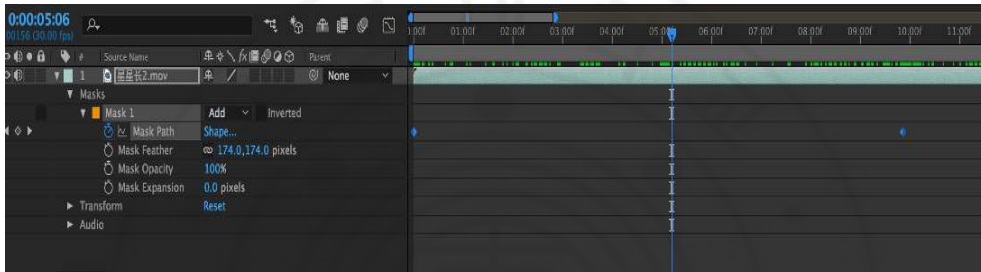
작품을 위해 Adobe<sup>52)</sup>사의 After Effect를 이용하여 영상을 미리 제작하였다. After Effect에서 음악의 각 파트를 들으며 어떤 분위기인지에 따라 시나리오를 만들었다. 음악의 구성을 기반으로 만든 시나리오에 따라 알맞은 영상을 제작 하였다. 녹음된 음원과 실제악기를 연주하는 음악의 차이는 시간적으로 크지 않아서, 대략적인 영상의 길이를 생각하며 음악에 잘 어울리는 영상을 제작하였다. After Effect로 만들어진 영상을 Arena에서 실제 연주되는 음량 값에 따라 영상 이펙트 효과와 연동시키고 음악과 영상의 인터랙션을 준다.

---

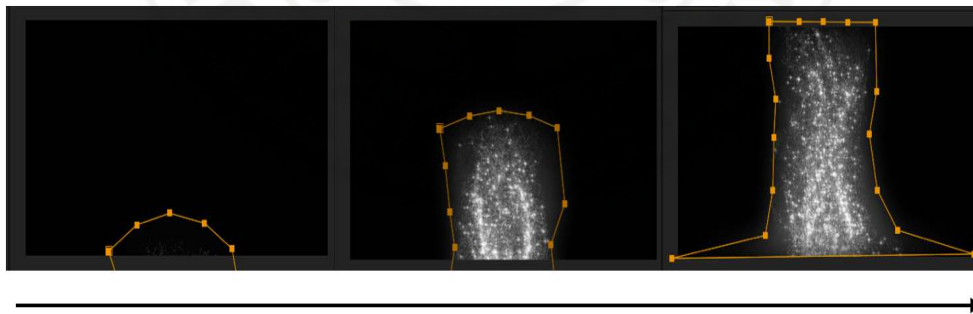
52) 미국의 컴퓨터 그래픽 소프트웨어 개발회사이다. 2D 그래픽 소프트웨어인 포토샵(Photo Shop), 일러스트레이터(Illustrator) 그리고, 동화상 편집 프로그램으로 유명한 프리미어(Premier) 등의 프로그램을 제작 판매하고 있다. 최근에는 알더스(Aldus)사를 인수하여, 전문 페이지 레이아웃 프로그램인 페이지메이커(PageMaker)도 공급하고 있다.

### 가. Mask 기능을 이용한 영상 제작

Mask기능은 화면에서 원하는 부분만 보여준다. [그림-11]과 [그림-12]처럼 화면을 설정할 층을 클릭하여 그래픽 도구로 필요한 도형을 스케치한다. 키 프레임을 클릭하여 시작과 끝을 지정하여, 그래픽을 구현할 수 있다.



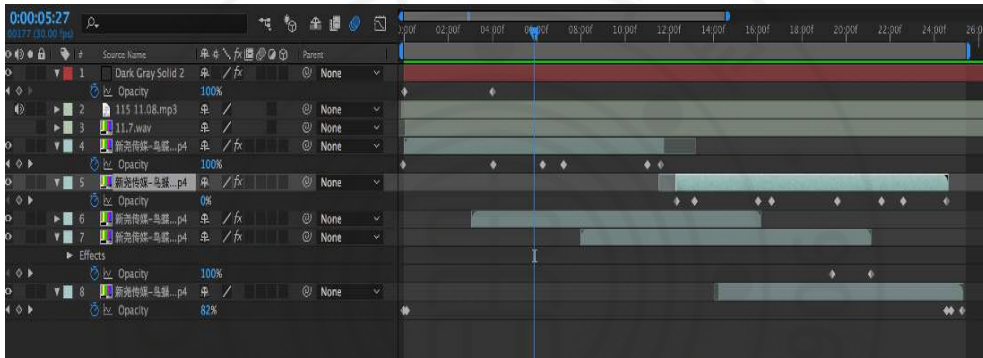
[그림-11] After Effect 로 만든 과정



[그림-12] 마스크 등속으로 올라가는 과정

## 나. Opacity 값 조절을 통한 영상제작




Opacity는 불투명도를 뜻 한다. 불투명도의 비율을 조절하여 나비가 그림자처럼 나오는 효과를 줄 수 있다. After Effect는 가장 위의 영상이 화면에 표시되므로, 가장 위의 영상의 불투명도를 100이하로 조절 하면 밑의 영상을 그림자처럼 화면에서 볼 수 있다. [그림-13]는 만든 과정이다.

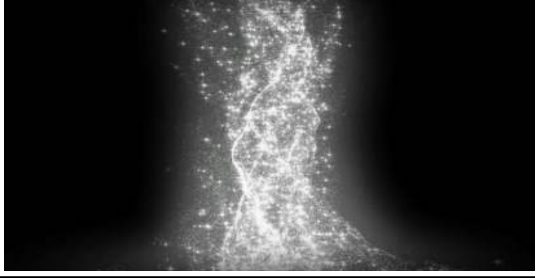






[그림-13] After Effect 로 만든 과정

After Effect 이용해서 만든 영상은 총 10개이다.

<표-4> After Effect 이용해서 만든 영상

번호	이미지
영상 1	
영상 2	
영상 3	

영상 4	
영상 5	
영상 6	
영상 7	
영상 8	



## ② Processing를 활용한 영상제작

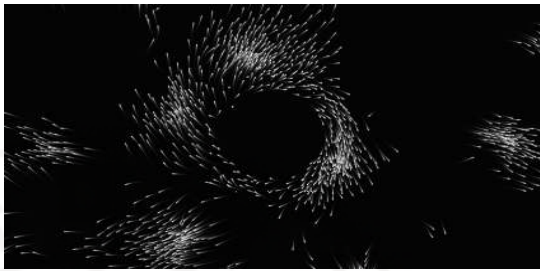


Processing은 코딩<sup>53)</sup>을 기반으로 영상을 생성할 수 있다. OSC<sup>54)</sup> 통신을 사용하여 영상의 실시간 제어도 가능하다. 음악과 Processing 영상의 실시간 인터랙션을 위해 Processing 코드에 변수를 설정하고 음악의 사운드 데이터를 변수와 연동시켜 실시간으로 반응하는 영상을 제작하였다.

본 작품에서 Processing패치 2개를 동시에 사용하였고 도형을 3가지 다른 버전으로 재생하였다.

53) 프로그래밍과 같은 뜻으로 널리 사용된다. 하지만 좀더 구체적으로 살펴보면, 코딩은 명령을 컴퓨터가 이해할 수 있는 C언어, 자바, 파이썬 등의 프로그래밍 언어로 입력하는 과정을 뜻하고 프로그래밍은 프로그래밍 언어를 사용해 프로그램을 만드는 일을 뜻한다.

54) Open Sound Control의 약자로 사운드 데이터 전송을 위해 개발된 네트워크를 이용한 통신 규약이다.

〈표-5〉 Processing 영상

번호	이미지
Processing 1	
Processing 2 (flower)	
Processing 2 (lines)	

Processing 1안에 있는 영상을 변화시키기 위해 코드의 변수<sup>55)</sup>를 설정하고 화면을 구성하는 도형의 선 굵기의 폭을 그려주는 함수 ellipse 안에 인수 변수를 넣어주었다. [그림-14]와 같다.

```

float snd1; 변수 설정
Flock flock;
ArrayList<Predator> predators = new ArrayList<Predator>();
void setup() {
    size(1280, 720, P3D);
    flock = new Flock();
    int vertexCount = 1080;
    float degUnit = 360.0/vertexCount;
    float r = 150;
    beginShape();

void render() {
    noStroke();
    float h = map(pos.x, 0, width, 0, 255);
    fill(255, 185);
    ellipse(pos.x, pos.y, snd1/60, snd1/60); 변수에 따라 선의 폭이 변환한다
}

void checkEdges() {
    if (pos.x < 0 || pos.x > width || pos.y < 0 || pos.y > height) {
        pos.set(originPos);
        pos.add(PVector.random2D().mult(30.0));
        acc = new PVector(0, 0);
        speed = originSpeed.copy();
    }
}

```

[그림-14] Processing 영상 제작 코드 예시

55) 데이터가 저장되는 컴퓨터 메모리상의 특정 위치 메모리 주소 를 가리키는 명령된 지시자로 값을 기억하는 기능 외에도 그 값들이 달라지게 변경할 수 있다.

Processing 2도 변수 2개를 설정한 후, 함수 안에 변수를 넣어주었다. 패치는 [그림-15]와 같다.

```
float snd4, snd6; 변수 설정

int nbCircles = 20;
Circle[] circles;
MyColor myColor;
float rMax, dMin;

void setup()
{
  size(1280, 720, P3D);
}
void connect(Circle c1, Circle c2)
{
  float d, x1, y1, x2, y2, r1 = c1.radius, r2 = c2.radius;
  float rCoeff = map(min(abs(r1), abs(r2)), 0, rMax, .08, 1);
  int n1 = c1.nbLines, n2 = c2.nbLines;
  for (int i = 0; i < n1; i++)
  {
    x1 = c1.x + snd6*4*r1 * cos(i * TWO_PI / n1 + c1.theta);
    y1 = c1.y + snd6*4*r1 * sin(i * TWO_PI / n1 + c1.theta);
    for (int j = 0; j < n2; j++)
    {
      x2 = c2.x + snd5/300.0*r2 * cos(j * TWO_PI / n2 + c2.theta);
      y2 = c2.y + snd5/300.0*r2 * sin(j * TWO_PI / n2 + c2.theta);
    }
  }
}
```

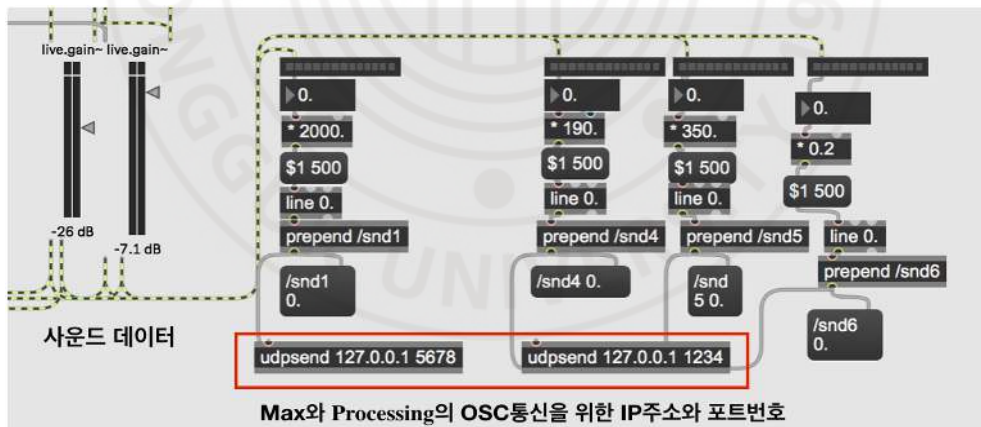
변수에 따라 도형구성하는 선의 폭이 변환한다

[그림-15] Processing 영상 제작 코드 예시

악기 연주의 사운드 데이터를 OSC 통신을 이용하여 Max에서 Processing으로 받은 사운드 데이터를 OSC 데이터로 변환하여 Processing으로 연동되는 수치를 전달하면 연주와 실시간으로 상호작용하는 Processing 영상을 만들 수 있다 .

### ③ OSC 통신을 이용한 실시간 영상 제어

Max에서 Processing으로 받은 사운드 데이터를 실시간으로 전송하여 화면을 변화시키고, After Effect로 만들어진 영상도 같이 Arena에서 음악에 따라 연동시키기 위해 OSC 통신을 사용하였다. [그림-16]는 Max에서 입력받은 사운드 데이터를 OSC 데이터로 변환하여 Processing으로 연동되는 수치를 보내는 패치다.



[그림-16] OSC 통신을 이용한 실시간 영상 제작 패치

Max로 입력된 음량 값을 Processing으로 보내기 위해 udpSend오브젝트<sup>56)</sup>를 활용한다. 이는 사운드 데이터를 영상제어 하기위해 전송할 때 사용된다. 실시간으로 빠르게 변화하는 사운드 데이터를 영상의 인터랙션에 부드럽게 적용하기 위하여 line오브젝트<sup>57)</sup>를 사용하였다. line오브젝트의 위에 램프타임을 설정하여 입력되는 데이터 값이 500ms(millisecond)<sup>58)</sup>의 속도를 가지고 부드럽게 변화하게 하였다. 이렇게 변경된 데이터들을 udpSend오브젝트를 통해 Processing과 Arena로 전송하였다. udpSend오브젝트는 UDP 방식의 통신 프로토콜을 사용하는 오브젝트로 IP주소와 포트 번호를 호스트(host)와 포트 넘버(port number)<sup>59)</sup>로 지정해주어야 한다. 같은 컴퓨터 안에서 서로 다른 프로그램끼리 통신을 하려면 내 컴퓨터를 의미하는 127. 0. 0. 1 혹은 localhost<sup>60)</sup>로 IP주소를 지정하고 포트번호는 통신하려는 프로그램 간에 동일하게 설정한다. 이 작품 같은 경우에는 사용하는 한 대 컴퓨터로 내부에서 이루어지는 통신주소를 localhost로 지정하였다. Processing 패치는 2개를 쓰기에 processing 포트 넘버(port number) 각각의 고유한 포트넘버를 다르게 지정하여 데이터의 목적지를 구별하였다.

---

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

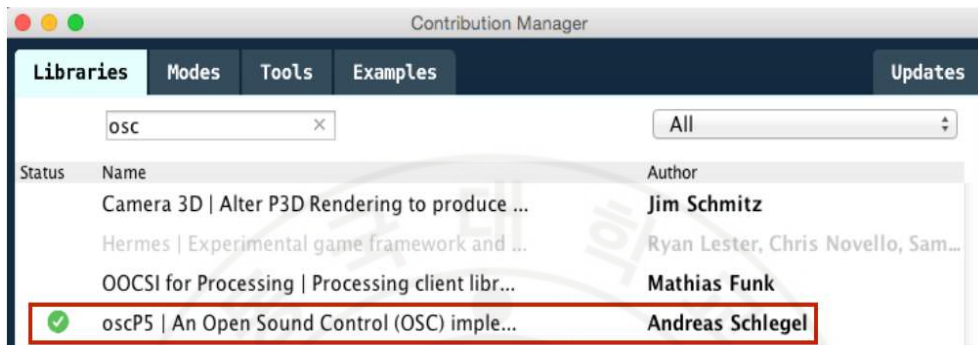
57) 사용자가 지정한 시간(ramp time)의 일정한 간격으로 숫자데이터를 A에서 B까지 이동하게 하는 오브젝트이다.

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

59) 컴퓨터 안에서 데이터의 입, 출력을 위한 통로를 의미한다.

60) 컴퓨터 네트워크에서 자신의 컴퓨터를 의미하는 호스트명이다.

Processing에서 OSC 통신으로 Max데이터를 받기 위해서는 기본 라이브러리(library)인 OSCP5를 설치해야 한다. [그림-17]



[그림-17] Processing에서 OSC 라이브러리의 적용

Processing은 udpSend오브젝트의 데이터를 수신하기 위해 OSC통신 기능을 제공하는 OSCP5 라이브러리를 사용한다. 아래 그림 [그림-18]은 OSC통신을 위한 Processing코드이다. [그림-19]은 OSC통신을 수행할 수 있는 OSCP5 라이브러리를 불러오는 코드이다.

```
import oscP5.*;
import netP5.*;

OscP5 oscP5;
NetAddress myRemoteLocation;
```

[그림-18] OSC통신을 위한 라이브러리를 불러오는 코드

[그림-19]는 Max와 Processing간의 OSC통신을 위한 주소를 설정하는 코드이다. 컴퓨터 내부에서의 통신은 127.0.0.1의 localhost IP 주소를 사용한다. 전송되는 데이터들을 따로 분리하기 위해 Max의 prepend오브젝트<sup>61)</sup>를 사용하여 송신하는 데이터 앞에 조건문을 지정한 뒤 송신한다.

```

for (int i = 0; i < 5; i++) {
  predators.add(new Predator(random(width), random(height)));
  server = new SyphonServer (this, "processing Syphon");
  oscP5 = new OscP5 (this, 5678);
  myRemoteLocation = new NetAddress("127.0.0.1", 5678);
}

```

OSC데이터 받을주소 포트 설정

[그림-19] OSC 통신을 위한 주소 설정 코드

악기의 음량 값을 사용해 Processing 영상을 제어하려면 입력되는 음량 값 사운드 데이터를 Processing에서 처리할 수 있는 변수로 지정해야한다. 실시간으로 생성되는 Processing 영상의 특정 파라미터에 통신을 OSC를 통해 전송된 사운드 데이터로 음악과 실시간 인터랙션 영상을 만들 수 있다.

[그림-20]은 OSC 통신이 가능하도록 입력받는 데이터를 변수로 설정하는 코드이다.

61) 입력되는 데이터에 지정된 메시지나 숫자를 붙여서 출력하는 오브젝트이다.

```

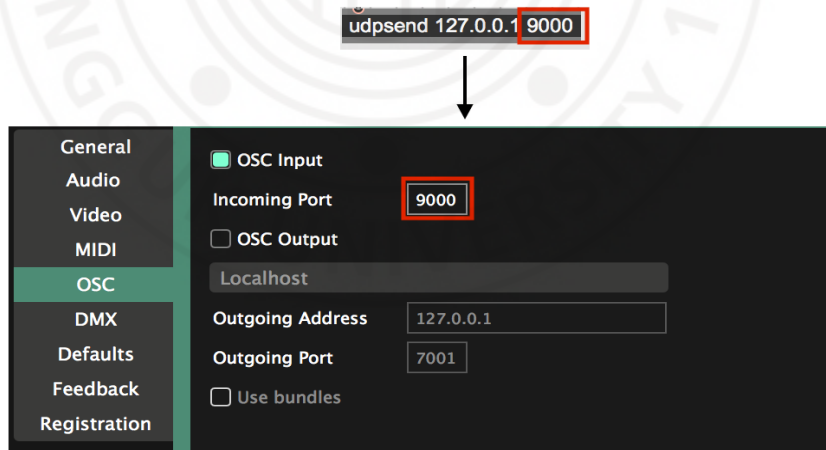
void oscEvent(OscMessage theOscMessage) {
    if(theOscMessage.checkAddrPattern("/snd1")==true) {
        float firstValue = theOscMessage.get(0).floatValue();
        snd1(firstValue);
    }
}

void snd1(float ox)          OSC통신으로 수신받은 데이터의 조건설정
{
    snd1 = ox;
}

```

[그림-20] OSC 통신이 가능하도록 입력 데이터를 변수로 설정한 코드

Max에서 Arena와 연동시키는 방법은 다음과 같다. IP주소와 포트번호를 지정해야 하며 IP주소<sup>62)</sup>는 같은 컴퓨터에서 통신을 하기 때문에 127.0.0.1를 입력한다. 그러나 포트번호는 Max와 Processing에 연동된 번호와 다르게 써야 한다. Max와 Arena의 포트번호를 일치시킨 것은 [그림-21]과 같다

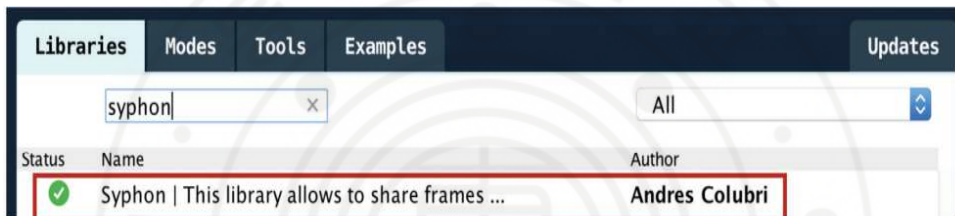


[그림-21] OSC 통신을 이용한 Max와 Arena의 연동

62) Internet Protocol address의 약어. 컴퓨터 네트워크에서 장치들이 서로를 인식하고 통신을 하기 위해서 사용하는 특수한 번호이다.

#### ④ Syphon을 이용한 Processing과 Arena의 연동

OSC통신을 통해 사운드 데이터를 Arena로 전송할 수 있지만, 영상은 전송하지 못한다. 그래서 Processing 영상을 실시간으로 Arena로 출력하기 위해 Syphon을 사용해야한다. Syphon을 사용하기 위해서는 [그림-22]과 같이 Processing 프로그램 라이브러리(library)에서 Syphon 라이브러리를 받고 설치를 한다.



[그림-22] Syphon 라이브러리 설치 모습

Syphon을 구현하는 코드도 OSC 통신과 마찬가지로 3가지 코드를 역할에 맞게 각각 해당하는 위치에 삽입한다. [그림-23]과 같이 미리 설치된 Syphon 라이브러리를 호출하는 코드를 입력한다.

```
import codeanticode.syphon.*;
```

```
SyphonServer server;
```

[그림-23] 라이브러리를 호출 하는 코그

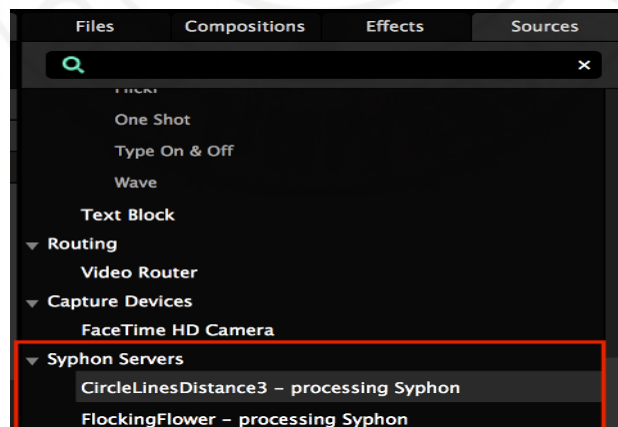
[그림-24]와 같이 서버를 생성하는 코드를 입력하고 Server를 통해 스크린으로 보내는 코드를 입력한 사진이다.

```
server = new SyphonServer (this, "processing Syphon");
oscP5 = new OscP5 (this, 5678);
myRemoteLocation = new NetAddress("127.0.0.1", 5678);
}
}

void draw() {
  colorMode(HSB);
  fill(0, 30);
  noStroke();
  rect(0, 0, width, height);
  flock.run();
  server.sendScreen();
}
```

[그림-24] 서버 생성 코그와 스크린에서 영상 보내는 코드

Arena에서도 Syphon을 통해 출력할 영상소스를 받아야 한다. [그림-25]은 Arena에서 Syphon을 통해 출력할 영상소스를 받는 모습이다.



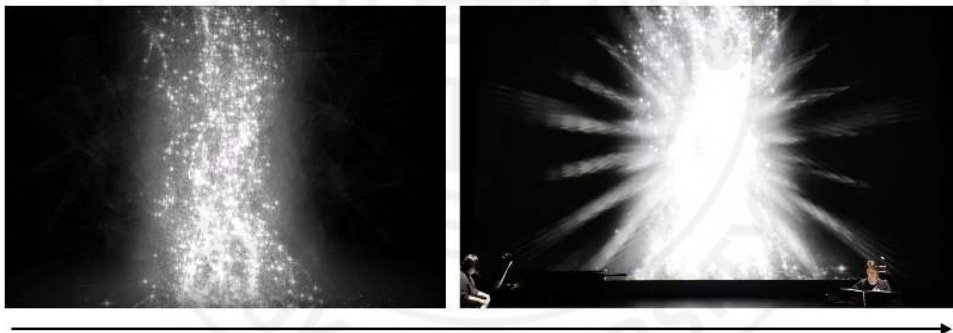
[그림-25] Syphon 통한 공유된 영상 소스

## ⑤ Arena를 이용한 영상효과

Processing을 이용해서 영상을 제작했지만, 영상의 역동성 및 극적인 효과에 대해서는 한계가 있었다. 또한 각각의 이미지로 사용된 Processing 소스를 하나의 영상으로 만들 수 있는 방법이 필요했다. Syphon을 통해 Processing의 영상을 전송하였으며, 사용된 Arena의 내장효과는 다음과 같다.

### 가. Blur 효과

특정 영역을 흐리거나 번지게 하는 효과. [그림-26]과 같다.

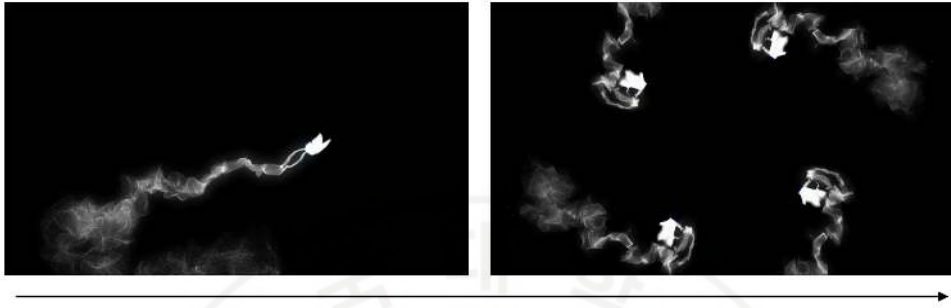


[그림-26] Blur 효과

### 나. Radialur 효과와 Goo 효과

Radialur 효과: blur 종류의 아웃포커싱 효과.

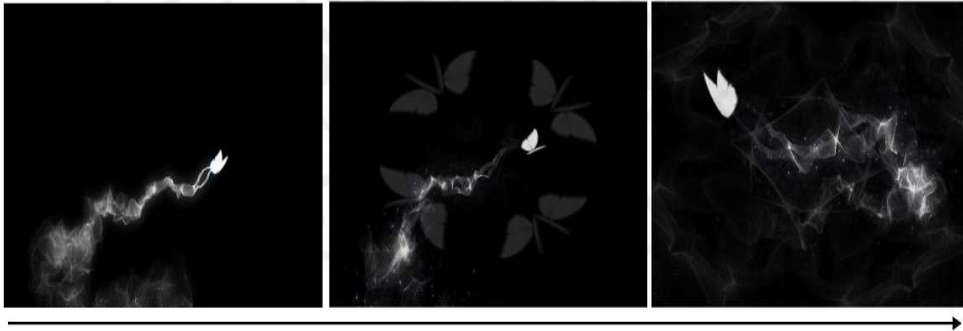
Goo 효과: 영상을 울렁이게 하는 효과. [그림-27]과 같다.



[그림-27] Radialur 효과와 Goo 효과

다. kaleidoscope 효과

만화경 효과이다. [그림-28]과 같다.



[그림-28] kaleidoscope효과

라. Noisy 효과

도형을 무작위 위적으로 변형시킨다. [그림-29]와 같다.



[그림-29] Noisy 효과

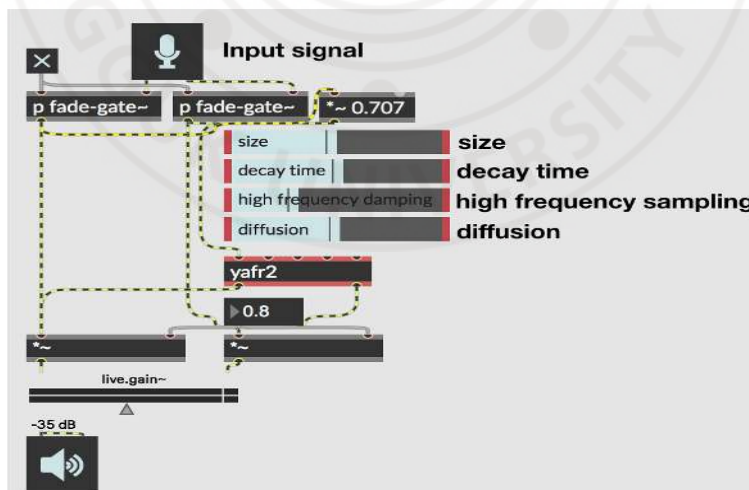
### 3) 작품에서의 연구기술 적용

#### ① A 파트

<표-6> A 파트 적용된 기술

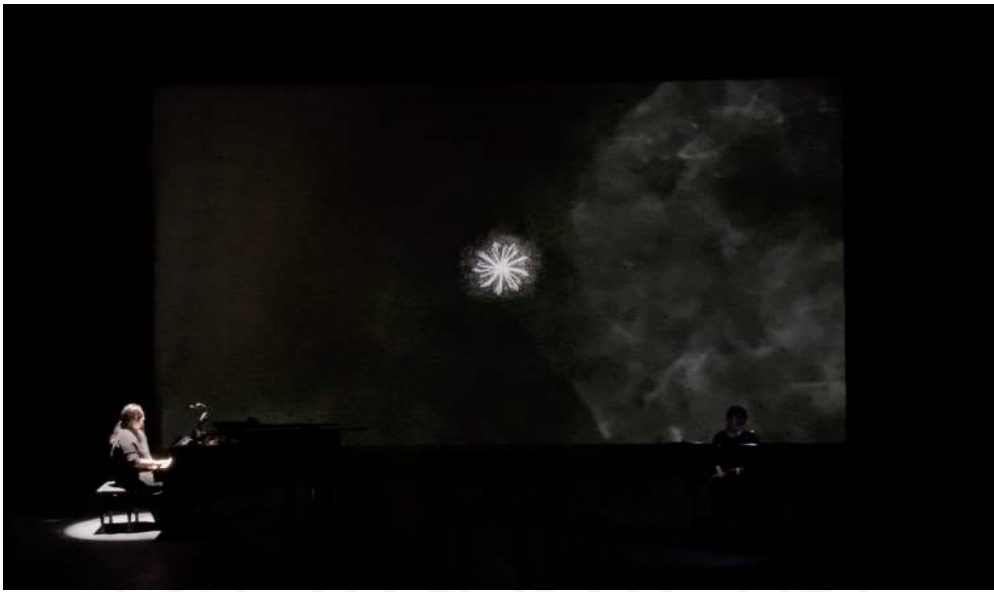
악기	얼후	피아노
시간	0:00 ~ 0:28	
영상효과	noisy	
사운드 프로세싱	없음	reverb

A파트는 Intro를 포함하고 있는데, 이 Intro파트는 공허함을 표현하기 위해, 처음에는 사운드 프로세싱 없이 피아노 드라이 사운드에 리버브만 사용하였으며 어둠 속 혼자 잠드는 느낌을 표현하였다. A파트 사운드패치 [그림-30]와 같다.



[그림-30] A 파트 Max 패치

영상은 After Effect로 만들어진 영상과 Processing 영상과 같이 나온다. Processing 영상이 Arena를 통해 Noisy 효과를 준다. [그림-31]은 A파트의 시작 장면이다.



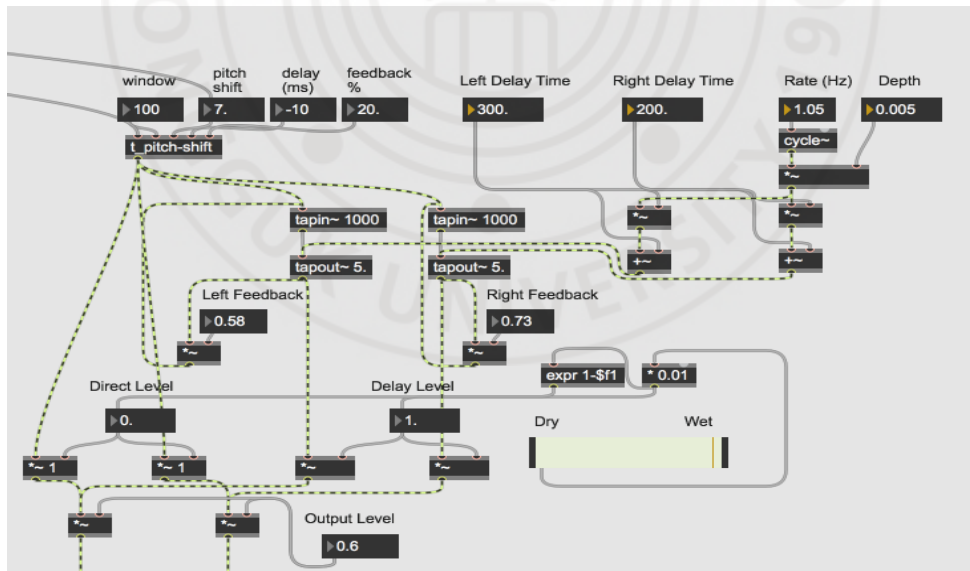
[그림-31] A 파트의 무대 영상

② B 파트

<표-7> B 파트 적용된 기술

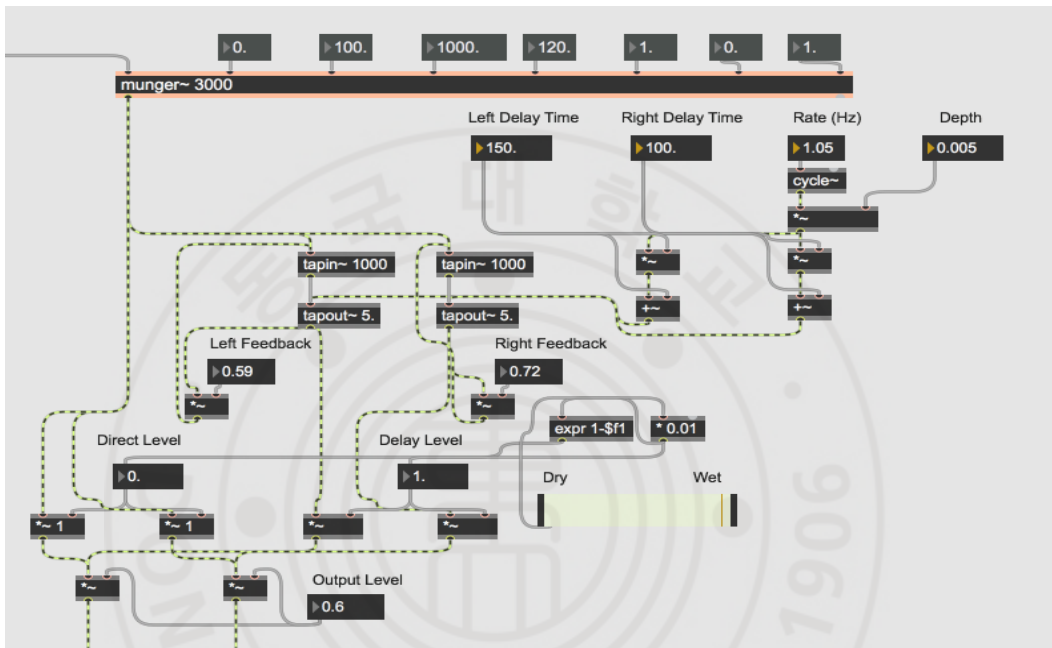
악기	얼후	피아노
시간	0:29 ~1:55	
영상효과	Blur	
사운드 프로세싱	granular synthesis flanger pitch shift	granular synthesis flanger

B파트부터 얼후의 멜로디가 시작된다. B1부분이 시작함에 따라 얼후소리가 시작된다. B1부터 B3부분까지 얼후의 단음절 trill로 시작한다. 음을 풍부하게 하기 위해 pitch shift 음향효과를 사용한다. 사운드 패치는 [그림-32]와 같다.



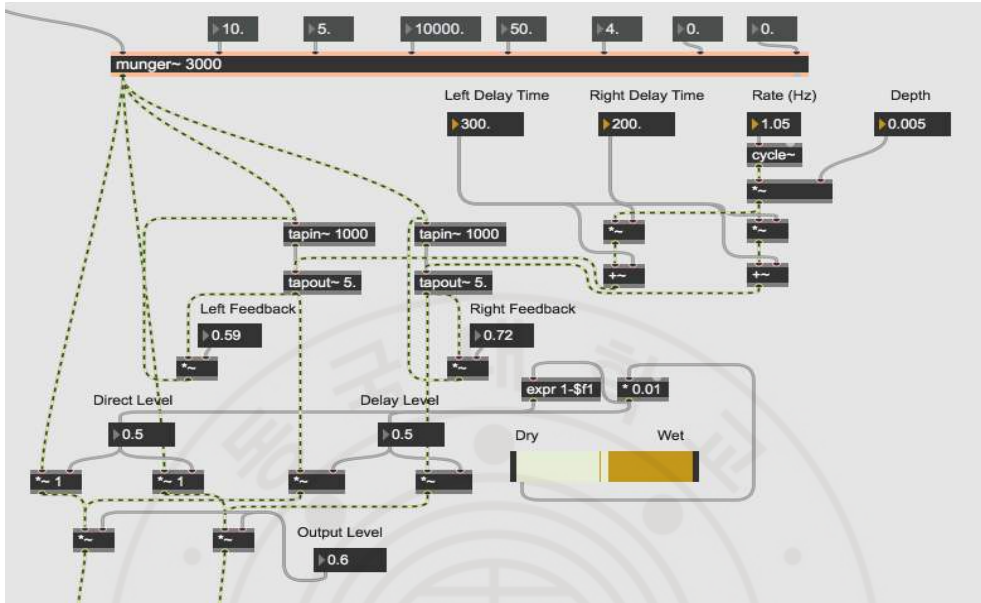
[그림-32] B1~B3 파트 얼후의 Max 패치

몽환적인 분위기로 띄우기 위해 피아노 granular synthesis 사용한다. 사운드 패치는 [그림-33]과 같다.



[그림-33] B1~B3 파트의 피아노 Max 패치

B4부분에서 일후의 멜로디가 시작된다. 이 부분에서는 꿈을 시작한 아름다운 분위기를 표현하기 위해 granular synthesis를 사용했다. 일후의 grain pitch는 4로 조절하여 프로세싱 사운드를 4옥타브 위에서 생성되게 한 후, flanger 효과를 주어 클라이맥스로 전개되는 것을 암시하였다. 사운드 패치는 [그림-34]와 같다.



[그림-34] B4 파트의 Max 패치

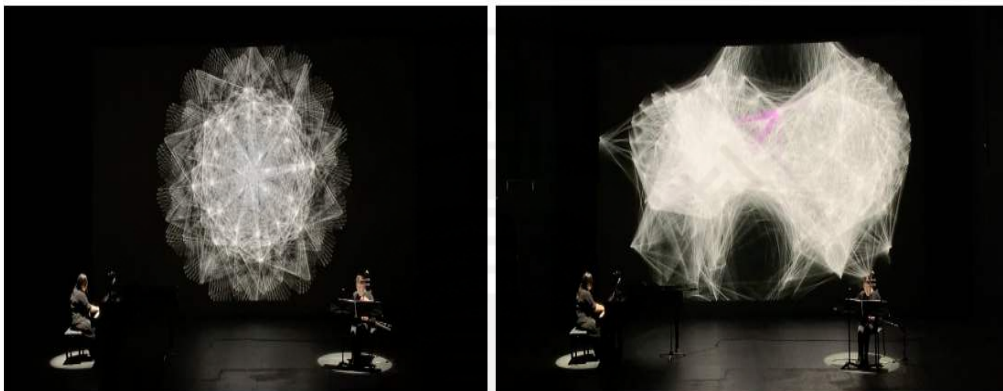
③ C 파트

<표-8> C 파트 적용된 기술

악기	얼후	피아노
시간	1:56 ~3:13	
사운드 프로세싱	granular synthesis flanger	granular synthesis

C파트는 클라이맥스부분이다. 평화를 열망하는 모습을 표현하였다. 분위기 표현하기 위하여 3개의 granular synthesis와 flanger를 사용하였다. granular synthesis의 각 grain pitch를 원음과 원음의 한

옥타브 아래 두 옥타브 아래 로 설정하여 사운드 프로세싱을 하였다. 클라이맥스 부분에서는 따로 granular synthesis와 함께 flanger를 사용하였다. 이 부분은 Arena 영상효과 없이 Processing 영상만 사용하였다. 음량 값에 따라 실시간으로 영상 크기를 변화시켰다. [그림-35]는 C 파트의 장면이다.



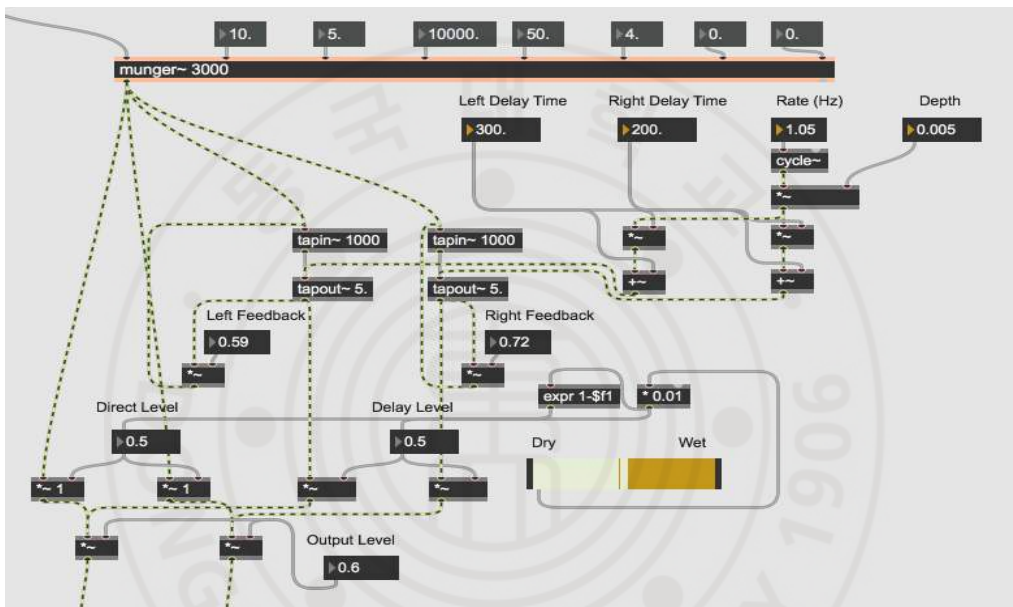
[그림-35] C 파트의 무대 영상

④ D 파트

<표-9> D 파트 적용된 기술

악기	얼후	피아노
시간	3:14 ~4:48	
영상효과	goo , polarkaleido, kaliedoscope	
사운드 프로세싱	granular synthesis flanger	granular synthesis

D 파트는 클라이맥스가 끝나고 다시 긴장한 분위기의 음악으로 돌아온다. bridge 파트이다. 이후의 장식음과 같이 사운드 프로세싱은 granular synthesis과 flanger를 사용하였다. 이후의 음색특성을 돌출하기 위한 부분이다. 사운드 패치는 [그림-37]과 같다.



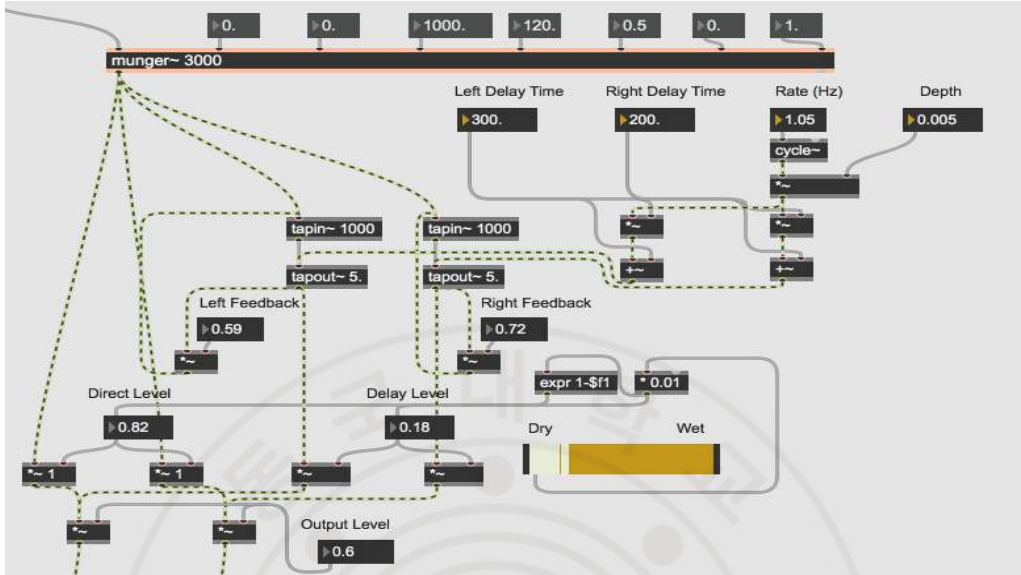
[그림-37] D 파트의 Max 패치

⑤ A' 파트

<표-10> A' 파트 적용된 기술

악기	얼후	피아노
시간	4:49 ~5:38	
영상효과	noisy	
사운드 프로세싱	granular synthesis flanger	granular synthesis flanger

음악적으로 종결되는 부분이다. 종결부분은 종지 느낌을 주기 위하여 화려한 사운드 프로세싱이 빠지고 피아노의 사운드 프로세싱만 넣어주었다. A 파트와 똑같이 사용하였고, 얼후도 어두운 느낌을 주기위해 granular synthesis의 grain pitch를 0.5로 조절하여 프로세싱 사운드를 한 옥타브 아래에서 생성되게 한 후 flanger와 함께 사용하였다. 마지막 영상의 모양은 처음 영상의 모양과 같다. A'파트 사운드패치는 [그림-29]와 같다.



[그림-37] A' 파트의 일후 Max 패치

### Ⅲ. 결 론

본 연구를 통해 일후와 피아노를 사용하여 기존의 중국 전통국악과 다르게 컴퓨터 음악과 다른 미디어를 결합하여 새로운 종류의 멀티미디어 작품을 만들고자 하였다. 음악과 영상의 실시간 상호작용 시스템을 구현하여, 사운드 비주얼라이제이션(interactive soundvisualization)을 통해 시각적인 연출을 했다. 피아노의 음량 값과 인터랙션 하는 영상을 통해 작품을 관객에게 시각적인 측면과 청각적인 측면을 결합 하나의 멀티미디어음악 작품을 보여 줄 수 있었다.

<Dreamland-몽접>은 컴퓨터를 사용하여 음악과 영상의 실시간 프로세싱을 구성하였고 컨트롤을 구현하였다. 사운드 시스템은 Max를 사용하여 실시간 사운드 프로세싱에 대해 연구하여 제작하였고 delay, reverb, flanger 음향효과가 활용된다. 또한 granular synthesis로 여러 화음이 나오는 효과를 주었다. 전통 어쿠스틱 악기에서 나올 수 없는 사운드를 컴퓨터를 통해 전자 음향적으로 만들었고 음악에 적용하였다. 영상은 Processing을 이용하여 만든 영상이 음량 값을 상호작용하는 요소로 활용하여 실시간으로 반응하였고, 시나리오에 따라 만든 영상과 함께 Arena에서 영상효과를 활용하여 상호작용을 부각시켰다. 이번 연구를 통해 실제 공연장에서 연주했을 때 컴퓨터와 다른 장비 때문에 기술적 문제도 생겼다. 실시간으로 프로세싱 되는 음향효과와 여러 가지 영상 및 영상효과로 인해, 공연장에서 컴퓨터가 느려졌는데, 이에 대한 연구가 보완되어야 한다.

본 연구의 작품에서 음악의 비주얼라이제이션을 위해 악기의 음량이 사용되었다. 또한 영상과 음악은 시나리오에 따라서 제작되었기에 각

파트는 각기 다른 의미를 지닌다. 시청각적인 요소와 기술적인 요소를 융합하여 예술을 직관적으로 전달하는 작품을 창작하는 방향의 연구가 필요하다.

Keyword(검색어)

컴퓨터음악(computer music), 소리시각화(sound visualization)  
인터랙티브 멀티미디어 음악(interactive multimedia music), Max,  
실시간 사운드 프로세싱(real-time sound processing), Processing

E-mail: [kassiali@naver.com](mailto:kassiali@naver.com)

## 참 고 문 헌

### 1. 단행본

- Leon Harkleroad, 「The Math Behind the Music」, (Cambridge University press, 2006)
- Bob Katz, 「Mastering Audio the art and the science, third edition」, (Focal Press, 2007)
- V.J.Manzo, 「Max/MSP/Jitter for music」, (Oxford University Press, 2011)
- Curtis Roads, 「The Computer for music」, (MIT Press, 1996)
- Daniel Shiffman 저 「러닝 프로세싱」, (비제이퍼블릭, 2016)

### 2. 참고논문

- 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 멀티미디어 학과, 2018)
  
- 전우진, 「컴퓨터음악과 phase music을 이용한 인터랙티브 멀티미디어 퍼포먼스 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어 학과, 2017)
  
- 조환희, 「베이스 트론본과 피아노의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한 멀티미디어 작품 제작 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2019)
  
- 최아영, 「피아노 연주의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한 멀티미디어 작품 제작 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2019)
  
- 한승욱, 「피아노의 실시간 프로세싱을 이용한 멀티미디어음악 제작 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2018)

### 3. 웹사이트

- CNMAT: external Max object, OSC

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

- Learning Processing

<http://learningprocessing.com/>

- Max

<https://cycling74.com/>

- Processing

<https://processing.org/>

- Syphon

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

## ABSTRACT

# A Study on the Production of Multimedia Music using Real-time Sound Processing for Erhu and Piano (focus on Multimedia Music <Dreamland>)

Li, Xi Ying

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

<Dreamland> is a multimedia music work made by using real-time sound processing of a erhu and piano performance. During this study, we tried to create a new kind of multimedia work by combining computer music and other media, unlike traditional Chinese traditional instrument, using erhu and piano. Implementing real-time interaction system of music and video, visual production was made through sound visualization. Through this multimedia work , be able to show the audience a multimedia music piece combining the visual and auditory

aspects.

The composition of <dreamland> can be divided into two systems which are music system and video system. 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 make videos and an Arena program can mix the videos with more effects.

In this study, implements multimedia music works that combines music and video. real-time sound processing of erhu and piano performance was performed, and interaction between sound and video was researched and applied to the work. the project was to combine two or more multimedia contents, audio and video, to produce a work and study the artistic expression of multimedia by visual and auditory interaction.

부록-1 : 작품 <Dreamland-몽접> 악보

Dreamland  
- 몽접

♩ = 115

Erhu

Piano

The musical score is written for Erhu and Piano. It begins with a tempo marking of ♩ = 115. The key signature has two flats (B-flat and E-flat), and the time signature is 4/4. The score is divided into five systems. The Erhu part is mostly silent, with some notes in the first system. The Piano part provides the harmonic and rhythmic foundation. The first system shows the piano accompaniment with chords and a melodic line in the right hand. The second system starts at measure 9 and features a more active piano accompaniment with a melodic line in the right hand and a bass line in the left hand. The third system starts at measure 16 and continues the piano accompaniment. The fourth system starts at measure 22 and shows a change in the piano accompaniment, with a more active bass line and a melodic line in the right hand. The fifth system continues the piano accompaniment.

2

28

Musical score for measures 28-32. The system consists of three staves: a single treble clef staff at the top, and a grand staff (treble and bass clefs) below. The key signature has two flats (B-flat and E-flat). The melody in the top staff features long, flowing lines with slurs. The grand staff accompaniment has a steady eighth-note bass line and sparse chords in the treble.

33

Musical score for measures 33-37. The system consists of three staves: a single treble clef staff at the top, and a grand staff (treble and bass clefs) below. The key signature has two flats. The melody in the top staff continues with slurs. The grand staff accompaniment maintains the eighth-note bass line and adds more treble activity.

38

Musical score for measures 38-42. The system consists of three staves: a single treble clef staff at the top, and a grand staff (treble and bass clefs) below. The key signature has two flats. The melody in the top staff features more rhythmic movement with slurs. The grand staff accompaniment continues with the eighth-note bass line and treble accompaniment.

43

Musical score for measures 43-47. The system consists of three staves: a single treble clef staff at the top, and a grand staff (treble and bass clefs) below. The key signature has two flats. The melody in the top staff features slurs and rests. The grand staff accompaniment continues with the eighth-note bass line and treble accompaniment.

49

55

61

67

4

70

Musical score for measures 70-72. The system consists of three staves: a single treble clef staff at the top and a grand staff (treble and bass clefs) below. The key signature has two flats (B-flat and E-flat). Measure 70 features a continuous eighth-note melody in the treble staff and a bass line in the grand staff. Measure 71 has a rest in the treble staff and a more active bass line. Measure 72 continues the bass line with some rests.

73

Musical score for measures 73-76. The system consists of three staves. Measure 73 has a treble staff with eighth-note patterns and a bass line. Measure 74 continues with similar patterns. Measure 75 has a treble staff with a whole note and a bass line. Measure 76 has a treble staff with a whole note and a bass line.

77

Musical score for measures 77-80. The system consists of three staves. Measure 77 has a treble staff with a whole note and a bass line. Measure 78 has a treble staff with a whole note and a bass line. Measure 79 has a treble staff with a whole note and a bass line. Measure 80 has a treble staff with a whole note and a bass line.

81

Musical score for measures 81-84. The system consists of three staves. Measure 81 has a treble staff with a whole note and a bass line. Measure 82 has a treble staff with a whole note and a bass line. Measure 83 has a treble staff with a whole note and a bass line. Measure 84 has a treble staff with a whole note and a bass line.

85

Musical score for measures 85-88. The system includes a vocal line and a piano accompaniment. The piano part features a bass line with eighth-note patterns and a treble line with chords and a grace note marked '8vb'.

89

Musical score for measures 89-90. The system includes a vocal line and a piano accompaniment. The piano part features a bass line with eighth-note patterns and a treble line with rests.

91

Musical score for measures 91-92. The system includes a vocal line and a piano accompaniment. The piano part features a bass line with eighth-note patterns and a treble line with rests.

93

Musical score for measures 93-94. The system includes a vocal line and a piano accompaniment. The piano part features a bass line with eighth-note patterns and a treble line with rests.

6

95

97

99

101

103 7

Musical score for measures 103-104. The right hand has a whole note chord with a fermata. The left hand has a continuous eighth-note accompaniment.

105

Musical score for measures 105-108. The right hand has a whole note chord with a fermata. The left hand has a continuous eighth-note accompaniment.

111

Musical score for measures 111-113. The right hand has a continuous eighth-note accompaniment. The left hand has a continuous eighth-note accompaniment.

114

Musical score for measures 114-116. The right hand has a continuous eighth-note accompaniment. The left hand has a continuous eighth-note accompaniment.

8

117

123

128

135

142

Musical score for measures 142-148. The system consists of a vocal line and a piano accompaniment. The vocal line is in a treble clef with a key signature of two flats (B-flat and E-flat). It begins with a half note G4, followed by quarter notes A4, B4, and C5, then a half note D5, and finally a half note E5. The piano accompaniment is in a grand staff (treble and bass clefs) with the same key signature. It features a series of chords and moving lines in both hands, including a prominent bass line with a sharp sign (F#) in the second measure.

149

Musical score for measures 149-154. The system consists of a vocal line and a piano accompaniment. The vocal line is in a treble clef with a key signature of two flats. It begins with a half note G4, followed by quarter notes A4, B4, and C5, then a half note D5, and finally a half note E5. The piano accompaniment is in a grand staff with the same key signature. It features a series of chords and moving lines in both hands, including a prominent bass line with a sharp sign (F#) in the second measure.

155

Musical score for measures 155-161. The system consists of a vocal line and a piano accompaniment. The vocal line is in a treble clef with a key signature of two flats. It begins with a half note G4, followed by quarter notes A4, B4, and C5, then a half note D5, and finally a half note E5. The piano accompaniment is in a grand staff with the same key signature. It features a series of chords and moving lines in both hands, including a prominent bass line with a sharp sign (F#) in the second measure.

162

Musical score for measures 162-168. The system consists of a vocal line and a piano accompaniment. The vocal line is in a treble clef with a key signature of two flats. It begins with a half note G4, followed by quarter notes A4, B4, and C5, then a half note D5, and finally a half note E5. The piano accompaniment is in a grand staff with the same key signature. It features a series of chords and moving lines in both hands, including a prominent bass line with a sharp sign (F#) in the second measure.

10

168

Musical score for measures 168-172. The score is in G major (one sharp) and 4/4 time. It consists of a vocal line and a piano accompaniment. The vocal line starts with a whole rest, followed by a half note G4, a half note A4, and a whole note B4. The piano accompaniment features a melodic line in the right hand and a bass line in the left hand. The right hand has a half note G4, a half note A4, a quarter note B4, and a whole note G4. The left hand has a half note G2, a half note A2, a quarter note B2, and a whole note G2. The piece concludes with a double bar line.

173

Musical score for measures 173-176. The score is in G major (one sharp) and 4/4 time. It consists of a vocal line and a piano accompaniment. The vocal line starts with a whole rest, followed by a half note G4, a half note A4, and a whole note B4. The piano accompaniment features a melodic line in the right hand and a bass line in the left hand. The right hand has a half note G4, a half note A4, a quarter note B4, and a whole note G4. The left hand has a half note G2, a half note A2, a quarter note B2, and a whole note G2. The piece concludes with a double bar line.

## 부록-2 : 첨부 DVD 설명

1. <Dreamland-몽접> 공연 영상: 2019년 11월 16일 이해랑 예술극장 공연 영상
2. <Dreamland-몽접>악보: 작품 악보
3. <Dreamland-몽접>Max패치: 사용된 Max/Msp 패치