



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

피아노 연주를 통한 실시간
오디오-비주얼 작품 제작 연구

(멀티미디어음악 작품 <Wander Around>를 중심으로)

지도교수 김 준

동국대학교 영상대학원
멀티미디어학과 컴퓨터음악전공

이 도 경

2018

석사학위논문

피아노 연주를 통한 실시간
오디오-비주얼 작품 제작 연구

(멀티미디어음악 작품 <Wander Around>를 중심으로)

이도경

지도교수 김준

이 논문을 석사학위논문으로 제출함

2017년 12월

이도경의 음악석사(컴퓨터음악)학위 논문을 인준함

2018년 1월

위원장 박상훈

위원 김정호

위원 김준



동국대학교 영상대학원

목 차

I. 서 론	1
1. 연구 배경 및 목적	1
2. 소리 시각화	2
II. 본 론	4
1. 멀티미디어음악 작품 설계	4
1) Sound 설계	4
① 오케스트라적인 음향효과 연구	4
가. 현악기 모방 합성 방식	6
나. 목관악기 모방 합성 방식	9
다. 금관악기 모방 합성 방식	12
② 작품 전개에 따른 음향효과 연구	16
2) Visual 설계	18
① 영상 시스템 및 구성	18
② 음악과 영상의 실시간 인터랙션	21
가. 영상1	21
나. 영상2	24
다. 영상3	26
2. 작품 구현을 위한 프로그램 활용	28
1) 프로그램 연동	28
2) 효과적인 컨트롤을 위한 Max 활용	31

3. 멀티미디어음악 작품 <Wander Around>	35
1) 작품 소개	35
① 음악	36
② 영상	37
2) 작품에서의 기술 적용	40
① 시스템	40
② 기술 적용	41
가. A파트	41
나. bridge파트	42
다. B + climax파트	45
라. A'파트	46
III. 결 론	48
참 고 문 헌	50
ABSTRACT	52
부록-1 : <Wander around> 악보 및 장면 전환 번호	54
부록-2 : 첨부 DVD 설명	60

표 목 차

<표-1> 컴퓨터 사운드로 모방하고자 한 악기 특성	5
<표-2> 인터랙션이 부여된 영상 이미지	19
<표-3> 인터랙션이 부여되지 않은 영상 이미지	20
<표-4> OSC로 전달되는 Max데이터	29
<표-5> 10개의 장면 이미지	32
<표-6> 음악 형식에 따른 의미	36
<표-7> 작품 의미에 따른 주요 영상의 변화	38
<표-8> 영상2~6의 의미	39
<표-9> A파트 구성	41
<표-10> bridge파트 구성	43
<표-11> B + climax파트 구성	45
<표-12> A'파트 구성	46

그 립 목 차

[그림-1] phase vocoder	7
[그림-2] 현악기 특징을 모방한 전체적인 시스템	8
[그림-3] 외부 오브젝트, disis_munger~	10
[그림-4] 목관악기 특징을 모방한 전체적인 시스템	11
[그림-5] 금속성 사운드 구현을 위한 구성도	13

[그림-6] 금관악기 특징을 모방한 전체적인 시스템	15
[그림-7] line의 램프 타임에 따른 파형 변화	17
[그림-8] 3부분으로 나뉜 음역	21
[그림-9] 영상1, 음량 값에 따른 형태 변화	22
[그림-10] 영상1, 선의 굵기와 질감 변화	22
[그림-11] 스케일 범위 조절	23
[그림-12] 영상1, 또 다른 이미지	24
[그림-13] 영상2, 제어 방식	25
[그림-14] 영상2, 원의 크기 및 색상 변경	26
[그림-15] 영상3, 음량 값에 따라 달라지는 크기	27
[그림-16] 데이터 통신의 흐름	28
[그림-17] 순차적인 장면 전환 시스템	31
[그림-18] 음악과 영상을 연동하는 전체적인 시스템	34
[그림-19] 공연 시스템 구성도	40
[그림-20] A파트	42
[그림-21] bridge파트의 성장과 퇴행	44
[그림-22] 1차 클라이맥스	44
[그림-23] 2차 클라이맥스와 B파트 마무리	46
[그림-24] 작품 종결	47

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

20세기가 분기점이 되어 이전의 예술과 이후의 예술을 나누는데 중요한 기준이 된 이유는 과학 기술 발전이 기여하는 바가 크다. 과학 기술의 발전 속도는 기하급수적으로 빠르게 진행됐으며 거의 모든 매체가 아날로그에서 디지털로 대체된다. 디지털화된 문명사회에서 컴퓨터의 발전은 비약적으로 이루어졌고 그에 따라 정보 전달 방식이 과거보다 다양해졌다. 사용자에게 텍스트, 오디오, 사진, 비디오 등의 장르를 가리지 않고 다양한 방식으로 정보 제공이 가능하다. 즉, 사용자는 멀티미디어 콘텐츠(multimedia contents)¹⁾를 경험하고 외부 세상에 대한 정보를 복합적으로 받아들인다.

특히 예술 분야에서 다양한 매체들을 결합한 멀티미디어 콘텐츠의 생산이 활발하게 이루어지고 있다. 오래전부터 이뤄진 사람들의 사고방식 변화를 토대로 가파른 과학 기술의 성장이 맞물린 시대적 흐름은 예술가들이 사용할 수 있는 수단 및 환경의 발전과 창작 재료의 확장을 야기했기 때문이다. 창작자가 표현하고자 하는 바를 더욱 뚜렷하게 전달하기 위해 다양한 분야의 예술과 기술이 융합되는 추세이며 감상자의 여러 감각을 자극해 새로운 예술 경험을 제공하기 위한 다수의 멀티미디어 작품들이 존재한다.

1) 디지털화된 문자, 음성, 그림 등의 서로 다른 정보 전달의 수단들이 통합된 것으로 다양한 정보기기를 통해 이러한 다중매체들이 생산, 유통, 소비된다.

본 논문에서 다루어질 작품 <Wander Around>는 소리를 시각화(sound visualization)한 멀티미디어음악 작품으로서 앞서 언급한 기술의 발전, 예술 환경의 변화 및 창작 재료의 확장 등을 배경으로 하여 현 시대의 예술적 흐름에 맞는 작품 구상 및 멀티미디어 공연 제작을 연구한다. 실시간 사운드 프로세싱(real-time sound processing)을 통해 실제 연주되는 악기의 소리를 변형하여 이펙터(effect)로 제작하고 솔로 연주만으로 피아노 협주곡²⁾과 같은 풍성한 음향 효과를 얻고자한다. 즉, 연주되는 솔로 음악과 컴퓨터 사운드의 협연을 구현하고 사운드에 실시간으로 반응하는 영상의 상호작용을 통해 감상자에게 다채로운 시·청각적 멀티미디어 예술 경험의 제공을 목표로 하였다.

2. 소리 시각화

소리 시각화란 들리는 것들에 대한 시각적 표현이며 이미지화 된 시각적 구성요소들이 청각적 요소와 상관관계가 클 때 효과적인 소리 시각화가 이루어졌다고 할 수 있다. 청각과 시각을 활용해 예술적으로 승화시킨 멀티미디어 작품은 굉장히 다양하다. 어떠한 판단에 지배적인 영향을 끼치는 두 감각을 함께 자극시킬수록 창작자가 감상자에게 효과적인 메시지 전달이 가능하기 때문이다.

소리 시각화를 할 때 결정해야 할 두 가지 요소가 있다. 첫째, 어떠한 매개체를 통해 작품을 표현할 것인가 둘째, 어떠한 방식의 기술을 적용시켜 작품을 구현할 것인가이다. 일반적으로 작품을 이끌어 나갈

2) 관현악 합주와 피아노 솔로로 구성된 작품이다.

매개체를 선정하면 그것에 따라 적용될 기술 방식이 결정된다.

본 연구를 위한 멀티미디어음악 작품은 악기를 매개로 하며 실시간으로 입력되는 사운드 데이터를 통해 영상을 제어한다. 이 방식은 가장 보편적이고 활용도가 높은 방식으로서 이전의 작품에서 많은 선례를 찾아볼 수 있다. 그동안 악기를 가지고 선행된 연구는 첼로·기타·드럼·아쟁·대금 등의 동/서양 악기를 가리지 않고 소리 시각화를 구현했으며 악기가 가진 특성에 따라 사운드 데이터 추출 방식을 달리 했다. 멀티미디어음악 작품 <Wander Around>에서는 피아노의 악기적 특성을 고려하여 실시간 프로세싱을 하였고 오케스트라 반주와 같이 풍부한 컴퓨터 사운드를 얻을 수 있을 것이라고 예측했다. 아래에 피아노 악기 특성을 네 가지로 정리하였으며, 그 중 넓은 음역과 풍부한 음량을 고려하여 음역별로 분류된 음량 값을 활용해 영상을 제어하도록 했다.

- 화성악기이자 선율악기의 두 요소를 갖추고 있다.
- 다른 악기에 비해 음역이 넓은 편이다.
- 여린 소리부터 센 소리까지 음량이 풍부하다.
- 페달로 여운의 길이를 조절할 수 있다.

오디오-비주얼 작품을 위해 치환된 사운드 데이터가 어떠한 방식으로 영상과의 실시간 인터랙션(interaction)을 일으키는지 사운드와 영상 부분으로 나누어 본문에서 자세히 다룰 것이다.

II. 본 론

1. 멀티미디어음악 작품 설계

소리를 시각화 하는 작품 설계의 첫 시작은 소리 혹은 음악에 있다. 들리는 음(note)을 바탕으로 하여 시각화될 이미지의 내용 및 주제가 선정되기 때문이다. 따라서 어떠한 음악으로 작품화 했는지는 후반의 영상 작업에 큰 영향을 준다. 본 장에서는 작품 <Wander Around>의 음악과 영상의 전체적인 시스템, 작품 내용 및 의미에 대해 서술한다.

1) Sound 설계

① 오케스트라적인 음향효과 연구

오케스트라 음향은 악기마다 가진 특징 및 주법이 다양하고 음역 분배가 고루 되어 있기 때문에 풍성한 사운드를 만들어낼 수 있다. 따라서 감상자에게 더욱 강렬한 음악적 메시지 전달이 가능하다. 그러한 음향을 사운드 프로세싱으로 모방하기 위해 오케스트라 구성 및 각 악기군 역할에 대한 이해가 필요하다. 실제 오케스트라에서 각 악기 파트가 맡은 역할은 보다 다양하고 세밀하겠지만 본 연구를 위한 작품에서 컴퓨터 사운드로 모방하고자 한 특정 역할들이 있다.

작품 <Wander Around>의 피아노 솔로 연주와 잘 어우러질 것 같은 음향을 각각의 역할로 선정하였고 이것을 그 악기군의 대표적 특징이라 단정 짓기는 어렵지만 다음의 <표-1>에서 모방의 표본이 되는 역할들을 정리해 보았다.

<표-1> 컴퓨터 사운드로 모방하고자 한 악기 특성

모방한 악기군	악기 특성
현악기	소리를 끊지 않고 지속적으로 연주할 수 있다.
목관악기	빠른 패시지(passage) ³⁾ 를 선명하게 연주할 수 있다.
금관악기1	금속성의 소리와 강한 어택(attack) ⁴⁾ 을 줄 수 있다.
금관악기2	부드럽고 중후한 사운드를 연주 할 수 있다.

Max/MSP⁵⁾로 실시간 사운드 프로세싱을 하여 <표-1>과 같이 정리한 각 악기군의 특징을 모방하고자한다.

3) 악곡에서 짧은 단위의 경과구를 의미한다.

4) 음이 생성되는 부분으로 사운드 엔빌로프(sound envelope)의 첫 번째 단계로서 어택이 짧을수록 강한 소리가 생성된다.

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 Max7을 사용한다.

가. 현악기 모방 합성 방식

바이올린·비올라·첼로·콘트라베이스로 구성된 현악기군은 오케스트라 내에서 풍부한 음향을 내는데 주요 역할을 맡은 악기군이다. 같은 성향의 악기끼리 음색의 차이가 크지 않고 음을 끊이지 않게 연주할 수 있는 악기 특성이 있기 때문이다.

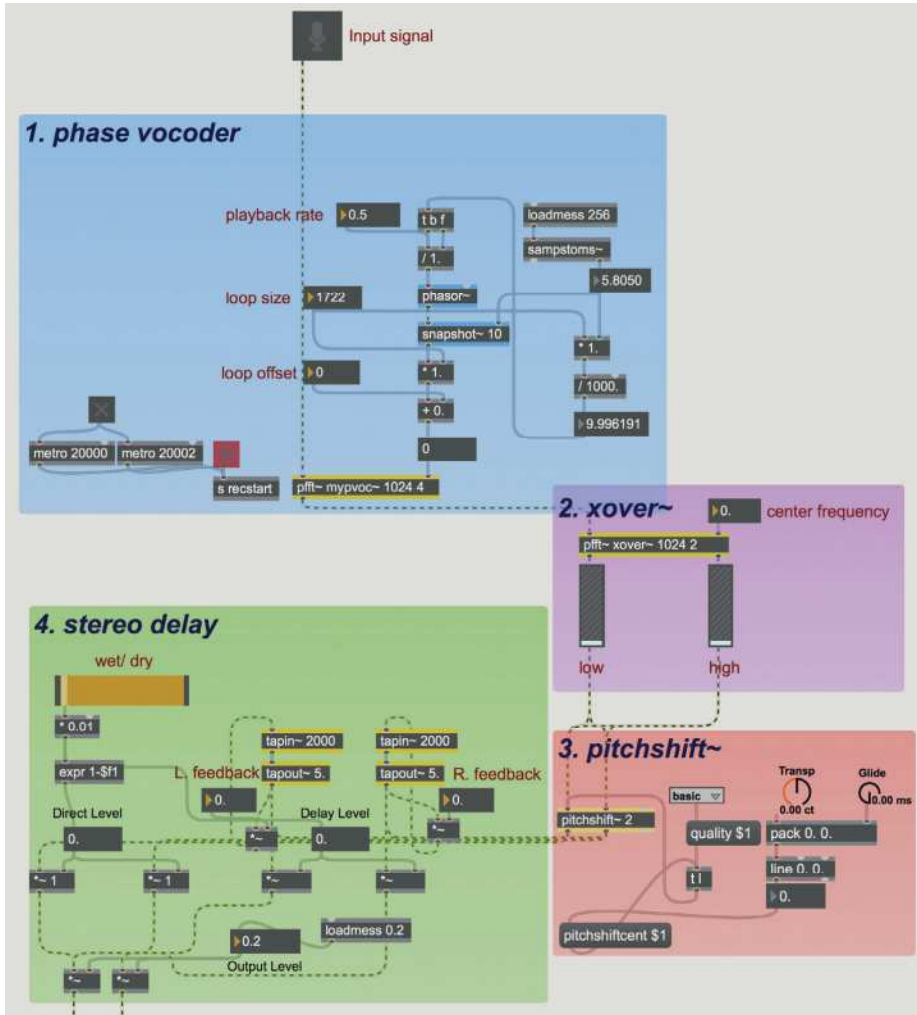
본 작품에서는 부드럽게 지속되는 현악기 사운드를 모방하고자 FFT분석⁶⁾을 통해 음정(pitch)에 변화를 주지 않고 재생속도 조절이 가능한 phase vocoder를 사용하였다. phase vocoder효과를 위해 사용된 pfft~오브젝트⁷⁾는 FFT분석을 거친 가공된 데이터를 저장하고 저장된 데이터를 FFT의 데이터 단위인 프레임(frame)단위로 읽어 사운드를 재생한다.⁸⁾ 조절 가능한 파라미터(parameter)들은 재생속도(playback rate), 반복구간(loop size), 반복시작지점(loop offset)이 있다. 반복구간 값은 1722프레임⁹⁾으로 고정하였으며 작품에서는 곡의 구성에 맞춰 재생속도의 수치가 다르게 입력되도록 하였다.

6) Fast Fourier Transform의 줄임말로 고속 푸리에 변환이라 한다. 시간 영역에서 변화하는 사운드를 주파수 영역으로 변환하여 분석한다.

7) patcher fft라는 뜻으로 fft분석 기능을 사용자가 원하는 대로 이용할 수 있게 하는 서브패치를 말한다. 오브젝트와 함께 입력해야 하는 필수 인수로 사용자 지정 이름(subpatch-name), FFT데이터의 크기(FFT-size), FFT데이터 간에 겹치는 데이터의 크기(overlap-size or hop-size)가 있다.

8) 전우진, 「컴퓨터음악과 phase music을 이용한 인터랙티브 멀티미디어 퍼포먼스 연구 (멀티미디어음악 <The phase>를 중심으로)」, 동국대학교 영상대학원: 멀티미디어학과, 석사학위논문, 2017, p. 9

9) 44100Hz의 샘플레이트 값을 가진 사운드 데이터의 20초는 882000의 샘플수를 가지며 1024값의 FFT사이즈에서 1722의 프레임 값을 갖는다. 20초라는 설정은 현재 사용하고 있는 phase vocoder내부의 buffer~의 저장 공간 크기에서 비롯되었다.



[그림-2] 현악기 특징을 모방한 전체적인 시스템

위의 [그림-2]에서 현악기 파트를 구현한 전체적인 모방 시스템을 볼 수 있으며 4개의 사운드 시스템이 순차적으로 연결되어 음향의 최종 출력은 stereo delay에서 된다. 제일 먼저 phase vocoder를 거치고 난 후, pfft~의 xover~의 중심주파수를 기준으로 하여 저음과 고음을 나누어 출력했으며 이 프로세싱을 통해 저음과 고음을 실시간으로

세밀하게 조절할 수 있는 이점이 있다. 또한 전체적인 음정의 높낮이를 조절할 때는 pitch shift~를 사용하여 cent단위¹⁵⁾의 값으로 음정을 변화하였다. 조절 할 수 있는 범위는 -2400~+2400으로 아래, 위로 최대 두 옥타브씩 음정 변화가 가능했다. 마지막으로 tapin~¹⁶⁾, tapout~오브젝트를 사용해 stereo delay¹⁷⁾ 음향효과를 구현하였고 특정 구간을 반복 재생해 음향이 부스트(boost)되는 효과를 얻었다.

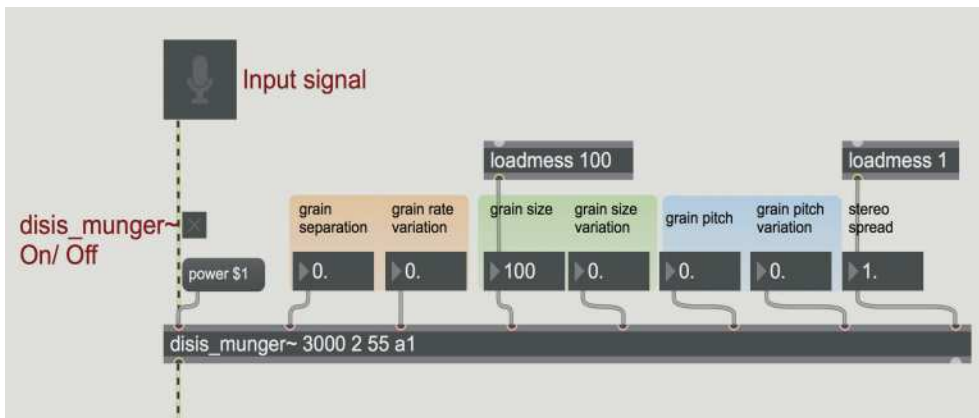
나. 목관악기 모방 합성 방식

목관악기는 개별의 악기마다 가진 고유의 음색이 서로 이질적이기 때문에 같은 성향의 악기끼리 조화가 잘 되지 않는 악기군이다. 하지만 적은 구성원으로 오케스트라의 전체 음향을 뚫고 나올 만큼 굉장히 뚜렷한 사운드를 가지며, 그러한 소리는 저음보다 중·고음부에서 들을 수 있다.

중·고음 음역의 패시지를 선명하게 내는 목관악기 사운드를 모방하기 위해 그레놀러(Granular)¹⁸⁾ 합성 방식의 disis_munger~오브젝트¹⁹⁾를

-
- 15) 매우 작은 음정이나 서로 다른 음를을 비교할 때 쓰며 로그 스케일로 된 음정 단위이다. 1200cent는 한 옥타브이며 반음은 100cent이다.
 - 16) 지연될 신호를 받아들이고 복제하는 오브젝트로, tapout~오브젝트와 한 쌍으로 사용되어야 한다. tapin~에서의 사운드 메모리를 tapout~에서 다양한 딜레이 타임(delay time)에 맞춰 출력하는 형식이다.
 - 17) 사운드 신호의 지연으로 발생하는 음향 효과를 둘 이상의 오디오 채널에서 구현하는 것이다.
 - 18) 사운드샘플을 미세하게 나누어 재조합 및 가공하는 소리 합성방식을 말한다. 여기서, grain은 ‘날알의’라는 의미로 사운드를 작은 알갱이로 쪼개고 다시 조합하여 만들었기 때문에 붙여진 이름이다.
 - 19) Granular 합성 방식을 멀티채널로 구현할 수 있는 기능의 외부(external)오브젝트로서, 내장된 오브젝트가 아니기 때문에 웹 사이트에서 다운을 받아 사용해야한다. Columbia University에서 만들었으며 이번 작품에서 사용된 버전은 이후에 Virginia

주로 사용하였다. `disis_munger~`는 총 7개의 파라미터를 사용하여 사운드를 조절할 수 있으며 주요 파라미터로는 사운드 샘플 사이의 간격(`grain separation`), 사운드 샘플의 크기(`grain size`), 음정의 높낮이(`grain pitch`)와 같이 크게 세 부분으로 나뉜다. 또한 부가적인 파라미터로, 변화(`variation`)값이 있으며 세 개의 주요 파라미터에 대한 변화 정도를 입력할 수 있다. 나머지 `stereo spread`는 1과 0의 값을 입력받아 입체적인 음향의 `on, off` 기능을 한다.



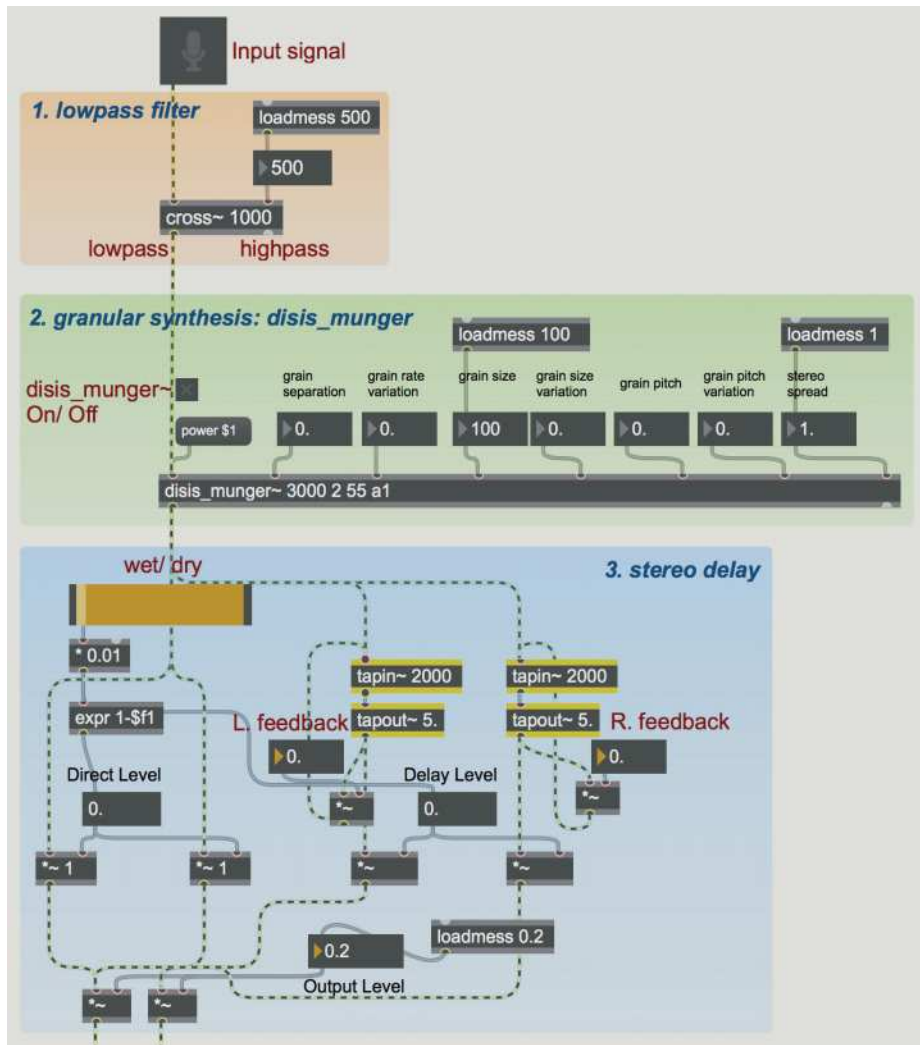
[그림-3] 외부 오브젝트, `disis_munger~`

위의 [그림-3]에서 세 개의 색상으로 나뉘어 표시된 주요 파라미터와 `loadmess`오브젝트²⁰⁾를 통해 필요한 값을 미리 지정한 것을 볼 수 있다. 주로 샘플 사이의 간격, 간격의 변화, 샘플의 음정의 세 가지 값을 실시간 조절했으며 각각 음정과 사이즈의 변화 값은 0으로 두어 사운드의 불규칙적인 변화를 피했다. 곡의 발전 양상에 따라,

²⁰⁾ Tech에서 수정한 버전으로 Max 프로그램의 32bit 환경에서만 작동한다.

²⁰⁾ Max의 패치(patch)가 열리는 순간 정해진 메시지를 출력해 주는 Max오브젝트이다.

disis_munger~의 음정을 서서히 높였으며 고음역의 선명한 소리가 출력되어 목관악기의 특징과 비슷해졌다. 다음의 [그림-4]에서는 목관악기 특징 구현을 위한 전체적 시스템을 보여준다.



[그림-4] 목관악기 특징을 모방한 전체적인 시스템

입력되는 원본 그대로의 사운드를 `disis_munger~`로 입력했을 때 음정 값을 높여 고음역으로 올릴수록 듣기 거북한 소리도 같이 출력되었다. 피아노 연주가 화려해짐에 따라, 원본의 사운드에도 이미 충분한 고음역대 주파수가 포함되어있기 때문이다. 따라서 앞의 [그림-4]에서 `disis_munger~`로 입력되기 전에 `cross~`오브젝트²¹⁾를 통해 500Hz보다 높은 소리를 필터로 감쇄하여 입력한 것을 볼 수 있다. 또한 여러 대의 목관악기가 소리를 내는 듯한 연출하기 위해 `stereo delay` 음향효과를 사용하였다.

다. 금관악기 모방 합성 방식

금관악기는 오랜 기간 사용되어온 것들임에도 불구하고 비교적 최근에 와서야 오케스트라의 중요한 악기로 취급되기 시작했다. 금관악기의 이상한 음질, 부정확한 음정과 같은 악기 자체의 문제점²²⁾을 개선해야 했기 때문이다. 하지만 오케스트라 내에서 풍성하고 깊은 음향을 내는데 큰 비중을 차지하는 악기군이다.

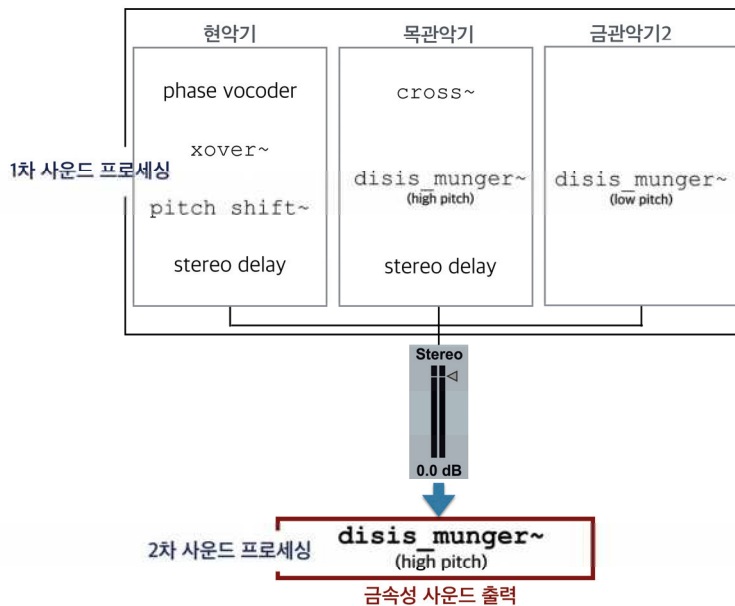
금관악기의 금속성 어택 및 부드럽고 중후한 사운드를 모방하기 위해 목관악기 구현에서 사용하고 있는 `disis_munger~`를 다시 한 번 활용하였다. `disis_munger~`가 관악기류 사운드 모방에 많이 활용된 이유로는 첫째, 사운드 샘플을 작은 조각으로 끊은 후 재가공하는 소리 합성 방식에 의해 샘플과 샘플 사이의 끊어진 사운드가 텅잉(`tonguing`)²³⁾주법을 연상시켰다. 둘째, 파라미터 조절 값에 따라

21) `lowpass`와 `highpass` 필터를 가진 `Max/MSP`오브젝트이다.

22) Samuel Adler 저, 「관현악기법연구」, 2009, p.266

다양한 텍스처(texture)의 사운드를 만들어 낼 수 있기 때문에 목·금관악기 사이의 적절한 사운드 분류가 가능했다.

먼저, 금속성 사운드의 구현을 위해 1차로 사운드 프로세싱을 거친 모든 사운드를 모아 `disis_munger~`로 보내주었다. 이미 변형된 사운드에 2차적으로 다시 한 번 사운드 프로세싱을 가했기 때문에 원본의 음색이 많이 왜곡되어 자극적인 소리가 출력될 것이라 예상하였다. 또한 1차적인 사운드 프로세싱에서의 값이 달라지면 2차 사운드 프로세싱에 입력되는 사운드가 달라졌다. 따라서 1차적으로 어떤 프로세싱을 걸었는지, 어떠한 값을 입력했는지에 따라 강렬한 소리의 세기 정도를 조절할 수 있었다.



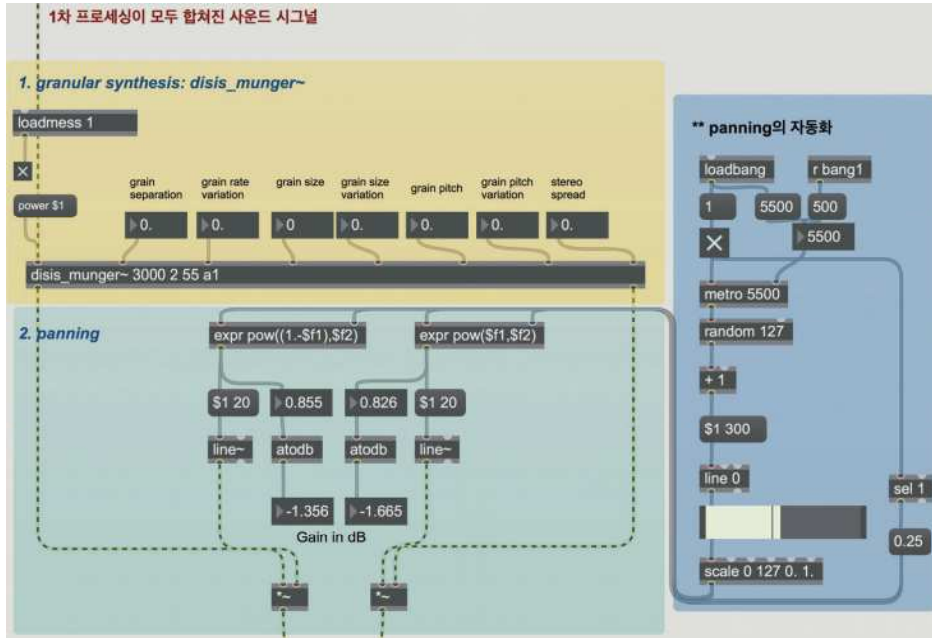
[그림-5] 금속성 사운드 구현을 위한 구성도

23) 관악기를 연주할 때 음악적 프레이즈의 성격을 결정하는 혀의 움직임이다.

앞의 [그림-5]에서 금관악기의 금속성 어택의 특징을 모방하기 위한 전체적인 구성도를 볼 수 있다. 1차적인 사운드 프로세싱이 모두 합해지고 disis_munger~로 다시 프로세싱 된다. 따라서 1차 사운드 프로세싱에서 2차 사운드 프로세싱으로 보내지는 입력 사운드에 대한 세밀한 조절이 가능하며 모든 사운드가 입력될 때 찢어지는 듯한 쇳소리를 얻을 수 있었다.

그러나 출력되는 금속성 소리의 순간적인 음량이 세질 때 사운드가 평면적으로 느껴졌고 패닝(panning)²⁴⁾효과를 통해 사운드를 분산시키려 했으며 이때 패닝의 파라미터 설정 값이 자동으로 입력되게 하였다. 패닝 효과를 실시간으로 조절하지 않고 자동으로 되게끔 설계한 이유로 두 가지가 있다. 첫째, 랜덤(random)하게 얻어진 값을 통해 사운드의 움직임은 불규칙적으로 그리고자 하였다. 둘째, 실시간 공연에서 많은 파라미터들을 동시에 조절하는 것은 부담이 된다. 따라서 사운드 적으로 크게 영향을 미치지 않는 파라미터 값들은 자동화 하였다.

24) 두 개 혹은 그 이상의 스피커에서 출력되는 사운드의 상대적인 음량 차이로 사운드의 위치나 방향성을 구현한다.



[그림-6] 금관악기 특징을 모방한 전체적인 시스템

패닝의 자동화 시스템 설계는 [그림-6]과 같이 했다. 패치가 켜지는 순간 metro 오브젝트가 활성화 되고 5.5초의 간격으로 bang을 출력한다. random 오브젝트²⁵⁾는 bang에 반응할 때마다 0~126 사이의 숫자를 랜덤으로 출력하고 그 밑에 있는 + 오브젝트²⁶⁾를 통해 1을 더하여 0~126의 값을 1~127로 바꿔주었다. 프리셋(preset)값을 1씩 올린 수치로 바꿔준 이유는 최대한 미디(MIDI)²⁷⁾ 데이터 값에 부합하도록 했기 때문이다. 또한 곡의 특정 부분에 패닝의 효과를 부각시키기 위해 receive 오브젝트²⁸⁾로 metro의 작동 간격을 0.5초로 줄여주어 랜덤

25) 지정한 인수에 맞춰 불규칙적인 숫자를 출력해주는 Max 오브젝트이다.

26) 입력한 수를 더해주는 Max 오브젝트이다.

27) 미디(MIDI)는 Musical Instrument Digital Interface의 약자로 전자악기-전자악기 혹은 전자악기-컴퓨터 사이의 통신 신호를 맞춘 전 세계 공통 표준 규격이다. 모든 미디 데이터 값들은 표준 규격에 따라 128씩으로 분해되어 수치화된다.

값의 출력이 더 빠르게 되도록 설계했다.

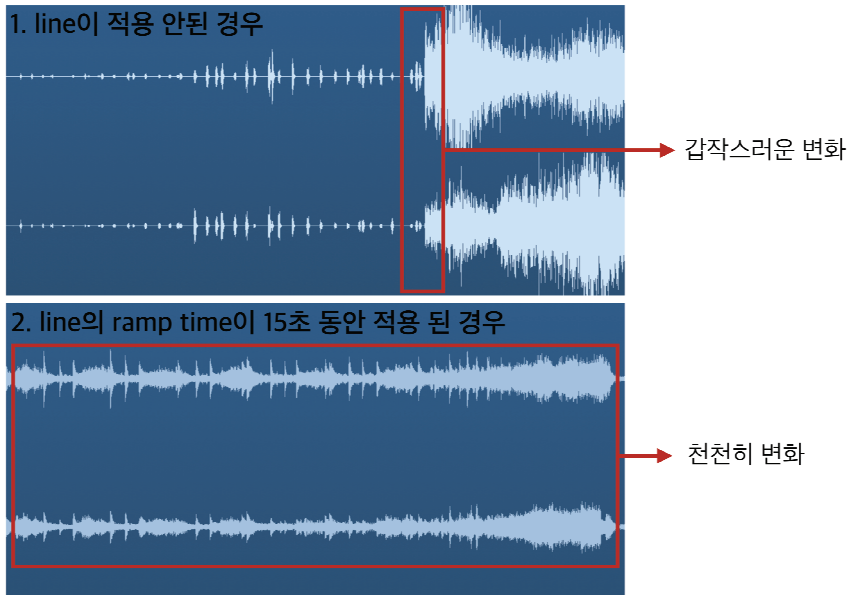
또 다른 금관악기 사운드는 낮고 중후한 음역대에서 부드러운 음향을 표현하고자 했으며 고음역에서 강하게 출력되는 금속성 소리에 대비되도록 하는 역할이다. 이것은 `disis_munger~`의 음정 변화 파라미터를 0.5혹은 0.25로 낮추고 원본의 사운드보다 옥타브씩 내려간 저음 소리가 출력되면서 가능하다.

② 작품 전개에 따른 음향효과 연구

음악에 따라 사운드 프로세싱 또한 자연스럽게 전개되도록 하는 연구는 필수적이다. 사운드 프로세싱을 위한 오브젝트의 파라미터 값들은 전반적으로 곡의 발전 양상에 따라 수치가 서서히 커지거나 작아진다고 할 수 있다. 점차 변화하는 음향효과를 위해 `line`오브젝트²⁹⁾를 사용하였다. `line`의 램프 타임(`ramp time`)을 15초 혹은 30초 정도로 길게 지정하여 파라미터 값이 천천히 바뀌도록 했다. 파형의 확실한 비교 분석을 위해 `disis_munger~`의 파라미터 값으로 샘플과 샘플 사이의 간격(`grain separation`)및 변화 정도(`grain rate variation`)를 각각 500과 1000에서부터 0으로 줄어들게 하였다. 다음의 [그림-7]에서 램프 타임에 따른 파형을 비교해 볼 수 있다.

28) `send`오브젝트와 한 쌍으로 동일한 이름을 공유해 쓴다. 오브젝트 간의 복잡한 선 연결 없이 `send`와 `receive`로 데이터를 송·수신 할 수 있으며, `send`는 's' `receive`는 'r'로 줄여 쓸 수 있는 `Max`오브젝트이다.

29) 숫자데이터 A에서 B까지를 사용자가 지정한 시간(`ramp time`)만큼 일정한 간격으로 이동하게 하는 `Max`오브젝트이다.



[그림-7] line의 램프 타임에 따른 파형 변화

첫 번째 파형은 간격이 서로 넓은 부분과 좁아져 하나의 파형을 이루는 구간 사이의 급격한 변화가 눈에 띈다. 반면, 두 번째 파형은 15초 동안 점차 샘플의 간격을 줄어나가 거의 끝 부분에서는 하나의 파형이 발생된 것을 볼 수 있다. 또한 그림으로 비교 예시를 들지 않은 phase vocoder의 재생속도 값을 -0.8 의 역방향 재생부터 시작해 55배속된 정방향 재생 사운드가 30초 동안 서서히 출력되도록 하였다.

전반적으로, 프로세싱 사운드의 점진적 변화는 line의 긴 램프 타임을 통해 해결하였으며 설정된 시간 동안 특정 구간에 프로세싱이 되기 때문에 자동화하는 것에도 효과적이었다.

2) Visual 설계

① 영상 시스템 및 구성

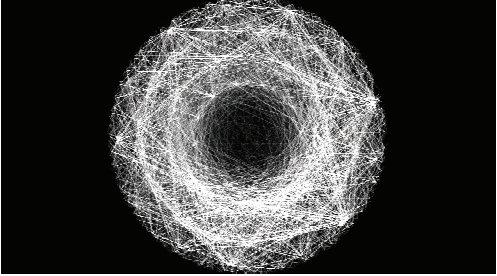

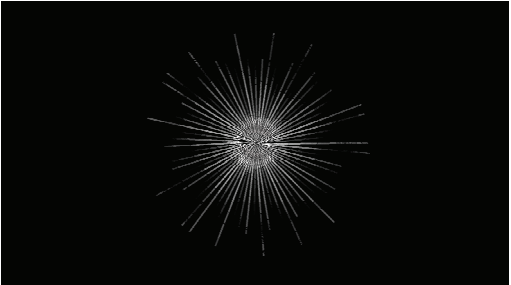
본 연구의 소리 시각화 구현을 위해 두 개의 영상 소프트웨어 프로그램을 중심으로 시스템을 구축하였다. 음악의 데이터를 받아 상호작용이 되는 영상 프로그램으로 Processing³⁰⁾을 사용했고 영상의 배치와 믹싱(mixing)을 위한 프로그램으로 Arena⁵³¹⁾를 사용하였다. Max에서 Processing으로 음량 값을 보내 영상 소스(source)에 음악과 맞는 인터랙션을 부여하고 개별의 영상 이미지들을 Arena5에서 모아 작품에 맞춰 장면을 구성하였다. 서로 다른 프로그램끼리의 호환은 어떻게 했는지에 대한 내용은 프로그램 활용 부분에 대해 설명할 때 자세히 다룰 것이다.

음악의 음량 값이 활용되어 인터랙션이 부여된 3개의 영상과 인터랙션이 없는 3개의 영상을 가지고 전체적인 스토리를 전개하였다. 인터랙션 유무의 차이에 따라 장면 구성에 필요한 6가지의 영상 이미지를 다음의 <표-2>, <표-3>에서 볼 수 있다.

30) MIT 미디어 랩의 'Aesthetics and Computation' 그룹에 의해 2001년 만들어진 오픈 소스 프로그래밍 언어이자 환경이다.

31) Resolume에서 개발한 영상 믹싱 프로그램으로 실시간 비주얼 퍼포먼스를 위해 주로 사용된다.

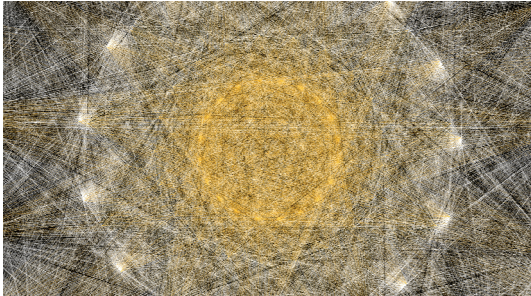
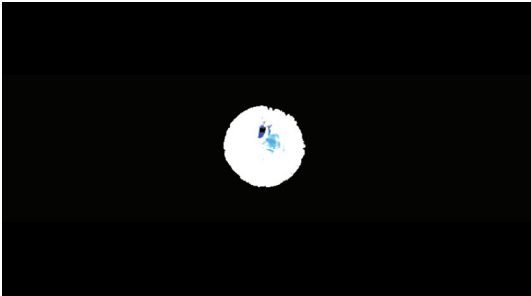
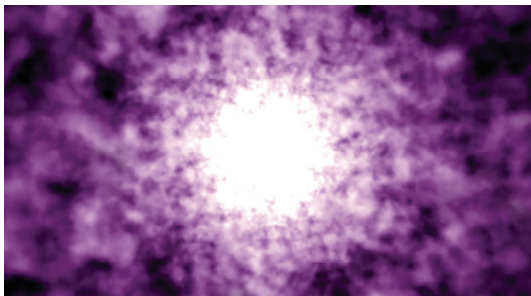
<표-2> 인터랙션이 부여된 영상 이미지

영상 번호	영상 이미지
영상1	
영상2	
영상3	

영상1~3은 인터랙션이 부여되어 있으며 작품의 주제를 전달함으로써 중요한 영상이다. 반면에, 다음 <표-3>의 영상4~6은 무채색 계열인 1~3의 영상에 색감을 더해주는 역할을 한다. 하지만, 배경 역할일지라도 음악 스토리에 맞춰진 장면 순서에 따라 어떤 영상이 나오는지 결정하는

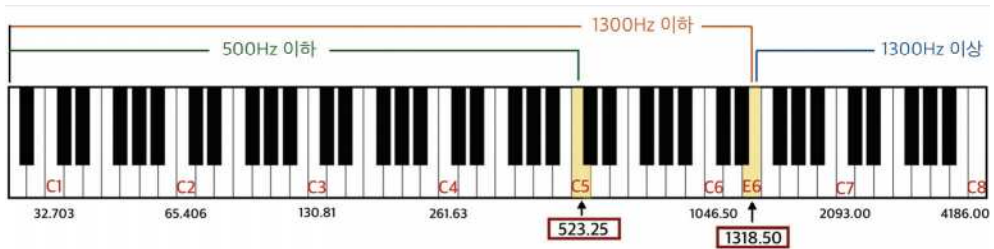
것은 중요하다. 음악의 기-승-전-결에 맞춰 6개의 영상을 조합해 총 11개의 장면과 24개의 신 넘버(scene number)를 만들었다.

<표-3> 인터랙션이 부여되지 않은 영상 이미지

영상 번호	영상 이미지
영상4	
영상5	
영상6	

② 음악과 영상의 실시간 인터랙션

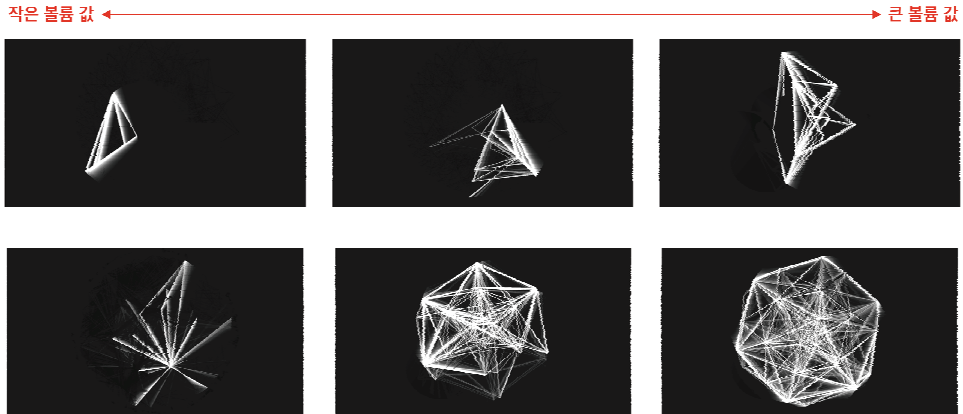
피아노의 음역이 넓은 특성을 고려해 음역 별로 나뉜 음량 값을 활용하여 음악과 영상의 실시간 인터랙션을 했다. cross~오브젝트를 통해 각각 500Hz이하, 1300Hz이하, 1300Hz이상의 세 부분으로 나뉘며 멜로디를 주로 담당하는 오른손 음역(C5~E6)을 기준으로 필터를 걸었다. 세 부분으로 나뉘어 출력되는 음량 데이터는 3개의 인터랙션 영상을 제어한다. 다음의 피아노 건반 [그림-8]에서 각각의 주파수가 대략적으로 어느 위치에 있는지 가늠할 수 있다.



[그림-8] 3부분으로 나뉜 음역

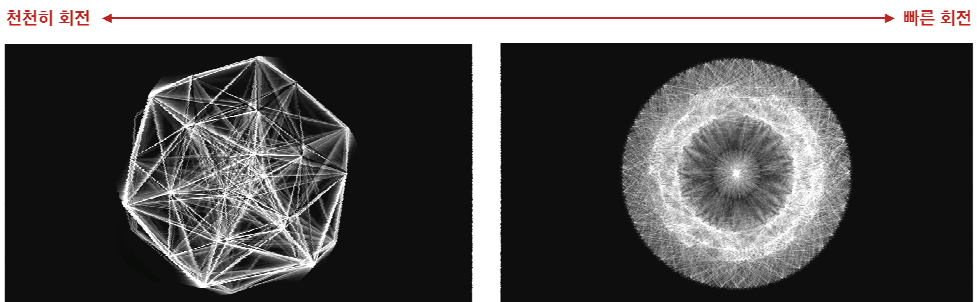
가. 영상1

<표-2>의 영상1번 이미지는 작품의 주제와 스토리를 전달하는데 가장 중요한 영상이다. 1300Hz이하 음역의 음량 값과 1300Hz이상 음역의 음량 값을 둘 다 받아 사운드를 시각화 하며 피아노 전 음역의 음량 값은 원 모양의 생성을 위한 값으로 치환되었다. 다음의 [그림-9]에서 음량 값에 따라 달라지는 원의 모양을 볼 수 있다.



[그림-9] 영상1, 음량 값에 따른 형태 변화

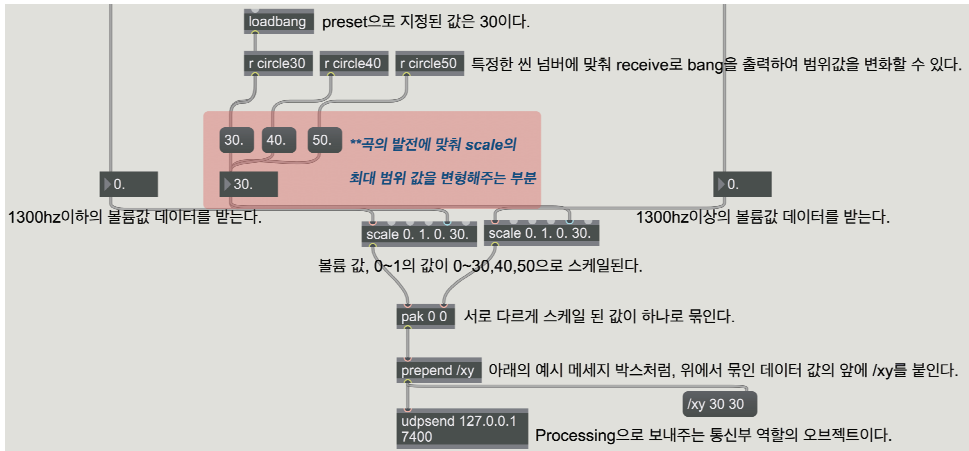
또한 1300Hz이하 음역의 음량 값을 활용해 원의 회전속도 및 선의 굵기 또한 달라지도록 했다. 하지만 연주되는 음의 최대 음량 값은 한계가 있으며 scale오브젝트³²⁾를 통해 변형되는 범위의 최댓값을 늘렸다. 따라서 음량 값이 작게 입력되더라도 출력되는 값을 인위적으로 변경하여 원 모양의 다양한 변화가 가능했다.



[그림-10] 영상1, 선의 굵기와 질감 변화

32) 사용자가 각각 입력 값, 출력 값의 범위를 지정하면 입력 값에 대응하여 출력하는 Max오브젝트이다.

곡의 구성에 맞춰 원의 움직임 및 형태가 다양하게 변형되도록 하기 위해, 다음 [그림-11]의 분홍색 영역에서 scale로 출력되는 값이 특정 장면에 맞춰 30, 40, 50으로 변환되도록 한 것을 볼 수 있다.

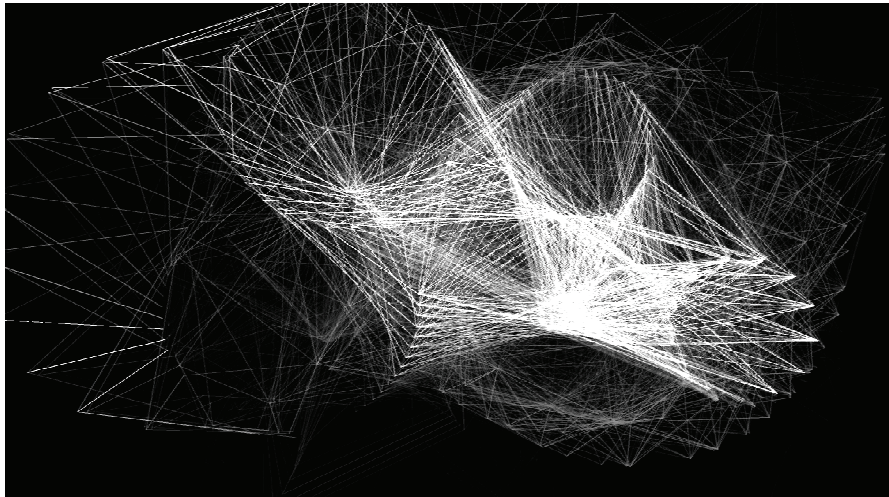


[그림-11] 스케일 범위 조절

영상1은 완전한 원의 형태만 있는 것이 아니며 다음의 [그림-12]와 같이, 추상적으로 일그러지는 이미지도 있다. 원이 완전히 파괴된 형태이며 전체 곡에서 약 20초 동안 한 번 등장한다. gate오브젝트³³⁾를 이용해 특정 부분에서만 나오도록 설계했고 1300Hz이상의 음역에서 앰프(amp.)³⁴⁾ 값이 0.2보다 클 때마다 장면이 바뀌도록 하였다.

33) 한 곳에서 들어오는 값을 원하는 출구로 출력해주는 Max오브젝트이다.

34) amplitude의 줄임말로 진폭이라 하며 음량 값을 0과 1의 사이로 표현한다.

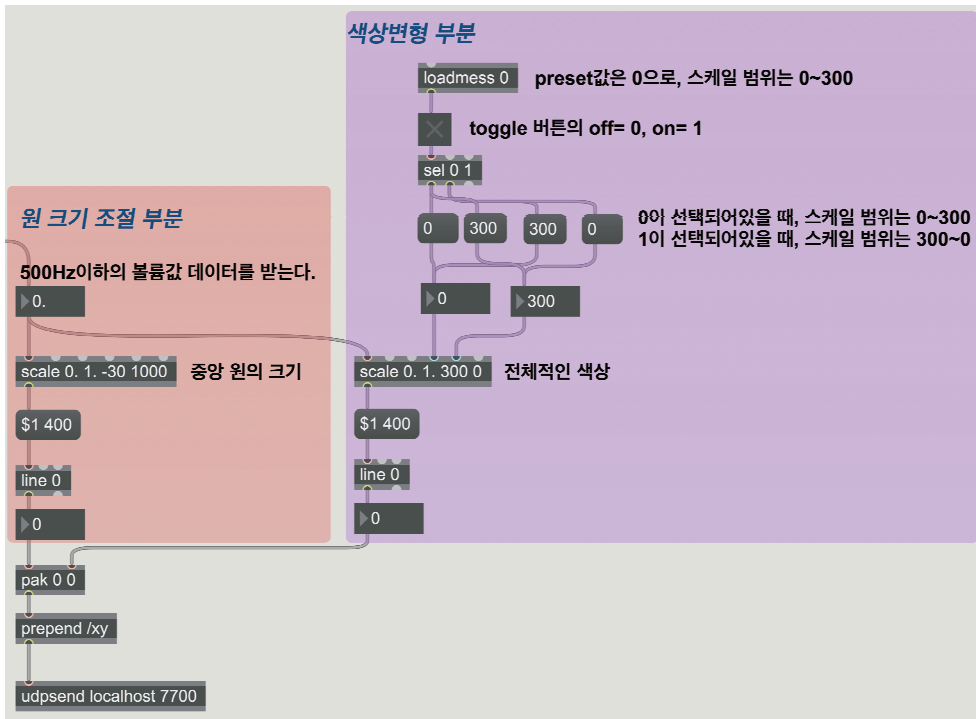


[그림-12] 영상1, 또 다른 이미지

곡의 주제를 이끌어가는 메인 영상으로서 영상1에 가장 많은 인터랙션을 부여했다. 활용하는 사운드 데이터는 음량 값 하나이지만 적용 부분 및 범위를 다양하게 조절하면서 영상에 변형을 가했다.

나. 영상2

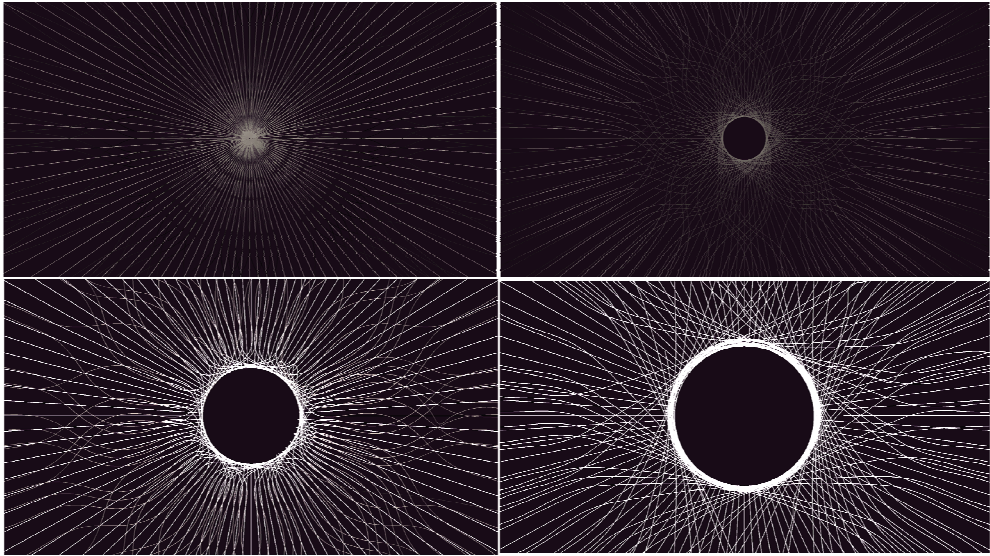
Processing으로 작업한 두 번째 소스는 <표-2>의 영상2이다. 중앙의 원 크기가 500Hz이하 음역의 음량 값에 따라 달라지도록 설계했다. 또한 전체 색상의 범위를 다르게 조절하여 일정하게 하나의 색으로 유지되는 것이 아니라, 무채색이라도 어둡고 밝은 정도를 변형했다.



[그림-13] 영상2, 제어 방식

중앙원의 크기 조절은 음량 값에 연동되어 조절이 잘 되지만 색상은 스케일 되는 범위 값을 직접적으로 변경해서 큰 효과를 볼 수 있었다. 피아노를 아무리 세게 연주를 하더라도 색상 변화가 느껴지지 않아 작품의 장면 전환이 필요할 때 위 그림의 toggle³⁵⁾버튼을 제어하여 스케일 될 값의 범위를 변경했다. 0~300으로 스케일 된 색은 어두운 계열로 출력되었으며, 300~0은 밝은 계열의 색이 출력되었다. 다음 [그림-14]에서 음량 값에 따른 중앙의 원 크기 변화와 스케일 값의 변경으로 색상이 변경된 이미지를 비교하여 볼 수 있다.

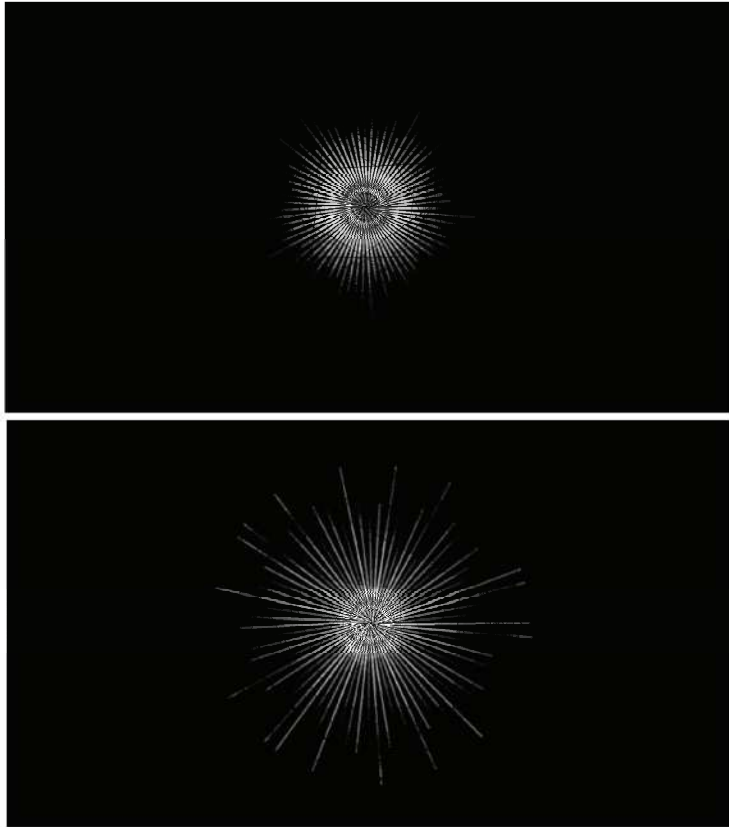
35) on, off 버튼 형태의 Max오브젝트로 0이 아닌 다른 값의 데이터를 입력받으면 켜지고 0이면 꺼진다.



[그림-14] 영상2, 원의 크기 및 색상 변경

다. 영상3

<표-2>의 3번째 영상 이미지로, 1300Hz이상 음역의 음량 값으로 인터랙션이 부여되었다. 앞서 본, 영상1과 영상2는 곡 전체에 큰 비중을 차지하는 소스로 변화를 다양하게 주었다. 반면, 영상3은 음악적으로 짧게 지나가는 경과구에 해당되는 부분에 사용된 소스로서 많은 변형을 가하지 않았다. 다음의 [그림-15]에서 음량 값에 따른 크기 변화를 볼 수 있다. 원의 형태가 보이지만 자세히 보면, 여러 개의 사각형으로 구성된 원으로 볼 수 있다. 따라서 음량 값이 커질수록 원을 이루고 있는 직사각형 한 변의 길이가 길어지도록 하였다.



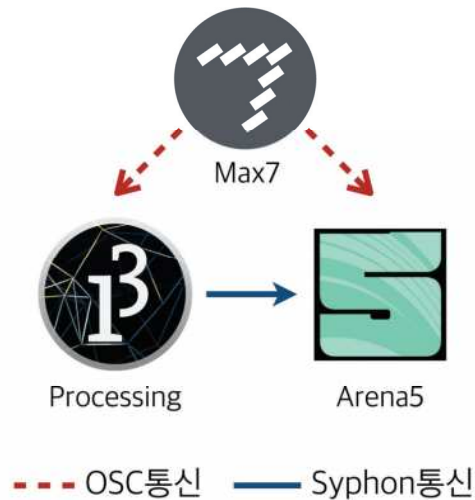
[그림-15] 영상3, 음량 값에 따라 달라지는 크기

음량 값은 음악과 영상의 인터랙션을 부여하는데 적절한 데이터이다. 샘플링의 단순한 차이뿐만 아니라, 템포(tempo)에 따른 음악적 분위기까지 잡아낼 수 있기 때문이다. 템포가 빠른 부분은 느린 부분보다 상대적으로 연주되는 음량이 커질 수밖에 없다. 따라서 시각화 될 음악의 특징을 잘 파악하고 적절한 데이터 활용 및 장면 전환을 한다면 음량 데이터는 소리 시각화 작품을 구현하는데 큰 도움이 된다.

2. 작품 구현을 위한 프로그램 활용

1) 프로그램 연동

멀티미디어 작품 제작을 위해서 개별적인 응용프로그램 간에 데이터 교환은 필수적이며 본 작품을 위해서 Max 데이터의 교환은 OSC로, 영상 데이터의 교환은 Syphon을 사용했다.



[그림-16] 데이터 통신의 흐름

OSC 통신은 UC Berkeley의 CNMAT에서 개발된 네트워크 프로토콜으로서 Open Sound Control의 약자이다. 공연을 위한 다양한 멀티미디어 장치를 공유하기 위한 네트워크 통신이며 본 작품을 위한 Max와 Processing, Arena5 사이의 모든 통신은 OSC로 이루어졌다. 다음의 <표-4>는 Max의 어떤 데이터가 OSC를 통해 전달되는지 보여준다.

<표-4> OSC로 전달되는 Max데이터

프로그램 이름	Max
Processing	인터랙션을 위한 사운드 데이터
Arena5	장면 전환을 위한 시스템 데이터

Max에서는 UDP³⁶⁾ 방식의 통신 프로토콜을 하는 udp^{send}³⁷⁾, udp^{receive}오브젝트를 사용하여 OSC 통신을 한다. 본 연구에서는 Max의 데이터를 Processing과 Arena5로 송신하는 역할만하기 때문에 udp^{send}만 사용한다.

udp^{send}오브젝트의 필수 아규먼트(argument)³⁸⁾는 두 개이며 호스트(host)³⁹⁾와 포트 넘버(port number)⁴⁰⁾이다. 내 컴퓨터 안에 있는 프로그램끼리 통신을 주고받기 때문에 호스트는 ‘내 컴퓨터’를 의미하는 localhost 혹은 127.0.0.1을 넣고 포트 넘버는 프로그램끼리 데이터 공유를 위한 번호를 임의로 지정해 주면 된다. 그러나 Processing과 Arena5가 서로 다른 프로그램이라고 해서, Max로부터 같은 포트 넘버를 지정받으면 데이터 전달이 잘못 될 수도 있다. 따라서 Max→Processing과 Max→Arena5로 포트 넘버를 구분시켜야 한다.

36) User Datagram Protocol의 줄임말로, 서로 주고받는 형식이 아닌 한 쪽에서 일방적으로 이뤄지는 방식의 통신 프로토콜이다. 일방적인 통신이기 때문에 고속으로 데이터 처리가 가능하다는 특징이 있다.

37) UDP방식의 통신을 사용하여 메시지를 전달한다. 반대로 udp^{receive}는 메시지를 전달 받는 Max오브젝트이다.

38) 인자 혹은 인수라고하며 해당하는 오브젝트를 사용하기 위해 지정해야 할 필수 값들을 의미한다.

39) 개별적인 네트워크 주소를 가지는 시스템을 호스트라고 한다.

40) 데이터가 지나다니는 통로를 지정한 임의의 번호

Processing에서는 기본 라이브러리(library), oscP5를 제공하며 라이브러리를 활용하여 3개의 인터랙션 소스에 Max의 사운드 데이터를 실시간으로 대입했다. Arena5에서는 OSC 맵핑(mapping)⁴¹⁾을 통해 데이터 교류를 손쉽게 할 수 있다. 24개의 장면 번호에 따라 각 영상 파일이 삽입된 레이어(layer)⁴²⁾의 opacity⁴³⁾값을 서로 다르게 조절하였다.

Syphon은 영상 프레임을 공유할 수 있게 해주는 Mac 운영체제 기반의 프로그램이다. 본 작품에서는 Processing의 3가지 영상을 Arena5로 보내는데 Syphon이 사용되었다. 6개의 영상 중, 인터랙션이 없는 3개의 영상 소스는 렌더링(rendering)⁴⁴⁾이 되어 Arena5에서 곧바로 입력되어 사용할 수 있다. 그러나 데이터 음량 값에 맞춰 실시간으로 인터랙션이 되는 3개의 Processing 소스는 렌더링을 하면 실시간이라는 의미가 없어지기 때문에 Syphon을 통해 Arena5에서 읽을 수 있게 하였고 총 6가지 영상의 조합 및 배열을 거쳐 최종 출력하였다.

OSC 통신과 마찬가지로, Processing에서 Syphon 라이브러리를 제공하며 스케치(sketches)⁴⁵⁾에 필요한 코드(code)⁴⁶⁾를 입력하면 된다. Processing을 재생해야 Syphon 코드를 읽어 Arena5에서 불러 올 수 있기 때문에 두 영상 프로그램을 모두 켜놓아야 영상 공유가 가능하다.

41) 파라미터와 연결될 데이터를 대입, 대응하는 작업을 의미한다.

42) 영상 프로그램에서 여러 개의 화면을 겹치기위해 사용하는 하나의 층을 의미한다. Arena5에서는 가로축을 layer, 세로축을 column이라 한다.

43) 영상 프로그램에서 소스의 불투명도를 의미하며 Arena5에서는 0-1사이의 값으로 제어된다.

44) 컴퓨터그래픽스 용어 수식이나 수치로 서술된 2차원 혹은 3차원 데이터를 시각화 된 영상으로 변환하는 과정을 말한다.

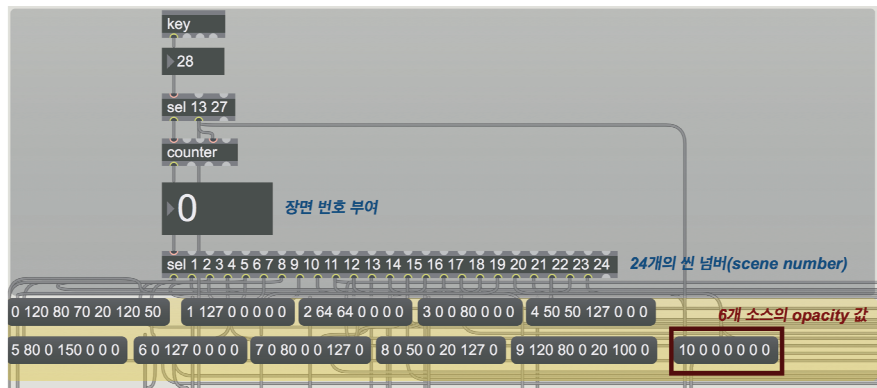
45) Processig에서 그림을 생성하는 코드를 작성하는 공간이다.

46) 컴퓨터 언어를 의미한다.

2) 효과적인 컨트롤을 위한 Max 활용

오케스트라적인 음향을 구현하다 보니 조작해야 할 사운드 프로세싱 요소가 많았다. 또한 곡의 진행에 따라 음향 효과의 파라미터 값들이 계속 바뀌기 때문에 음악만 해도 컨트롤이 굉장히 복잡해졌다. 따라서 안정적인 공연을 위해 음악과 영상을 동시에 컨트롤할 수 있도록 해결방안을 세워야 했으며 두 시스템의 데이터를 동시에 처리하도록 Max를 활용하였다.

장면 전환 시스템은 key⁴⁷⁾, select⁴⁸⁾, counter⁴⁹⁾ 오브젝트를 사용하여 순차적인 전환이 되도록 했다.



[그림-17] 순차적인 장면 전환 시스템

컴퓨터 키보드의 enter키를 누르면 counter오브젝트가 숫자를 세도록 했으며 esc키를 누르면 0으로 초기화되도록 했다. [그림-17]의 노란색

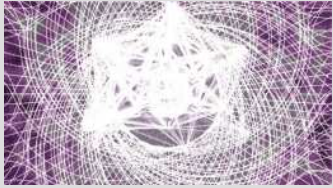

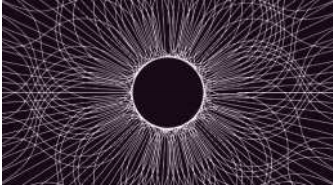
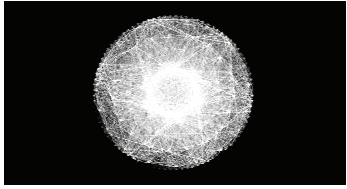
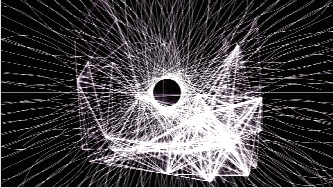
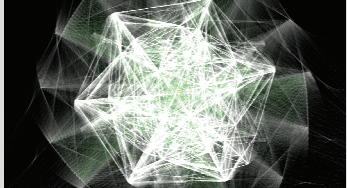
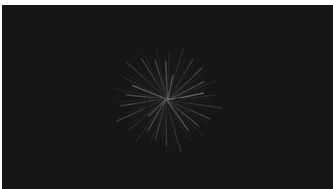
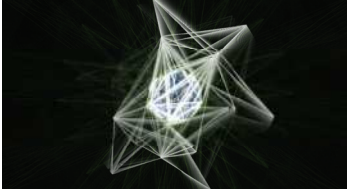


47) 컴퓨터 키보드의 ASCII코드 번호를 출력하는 Max오브젝트이다.

48) 지정한 수와 입력되는 수가 부합될 때 bang을 출력하는 Max오브젝트이다.

49) 숫자를 세는 Max오브젝트로, 숫자가 세질 범위 및 방향을 지정할 수 있다.

영역에서 0~10의 번호 뒤에 각 소스의 opacity값을 볼 수 있으며 총 6개 소스의 opacity를 개별적으로 조절하여 장면을 조합했다. 또한 우측에 붉게 표시된 10번은 opacity가 모두 0으로, 빈 화면이며 검게 출력된다. 10번을 제외한 10개 장면의 opacity 조합에 따른 영상 이미지를 아래 <표-5>에 정리하였다.

<표-5> 10개의 장면 이미지

0		5	
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	

앞의 [그림-17]의 노란색 영역에서 볼 수 있듯이 6개 소스의 opacity값이 한 리스트(list)⁵⁰로 통합됐기 때문에 데이터를 개별적으로 분류해야 한다. route⁵¹, unpack⁵²오브젝트를 통해 데이터 값을 분류한 뒤 Arena5로 전송한다.

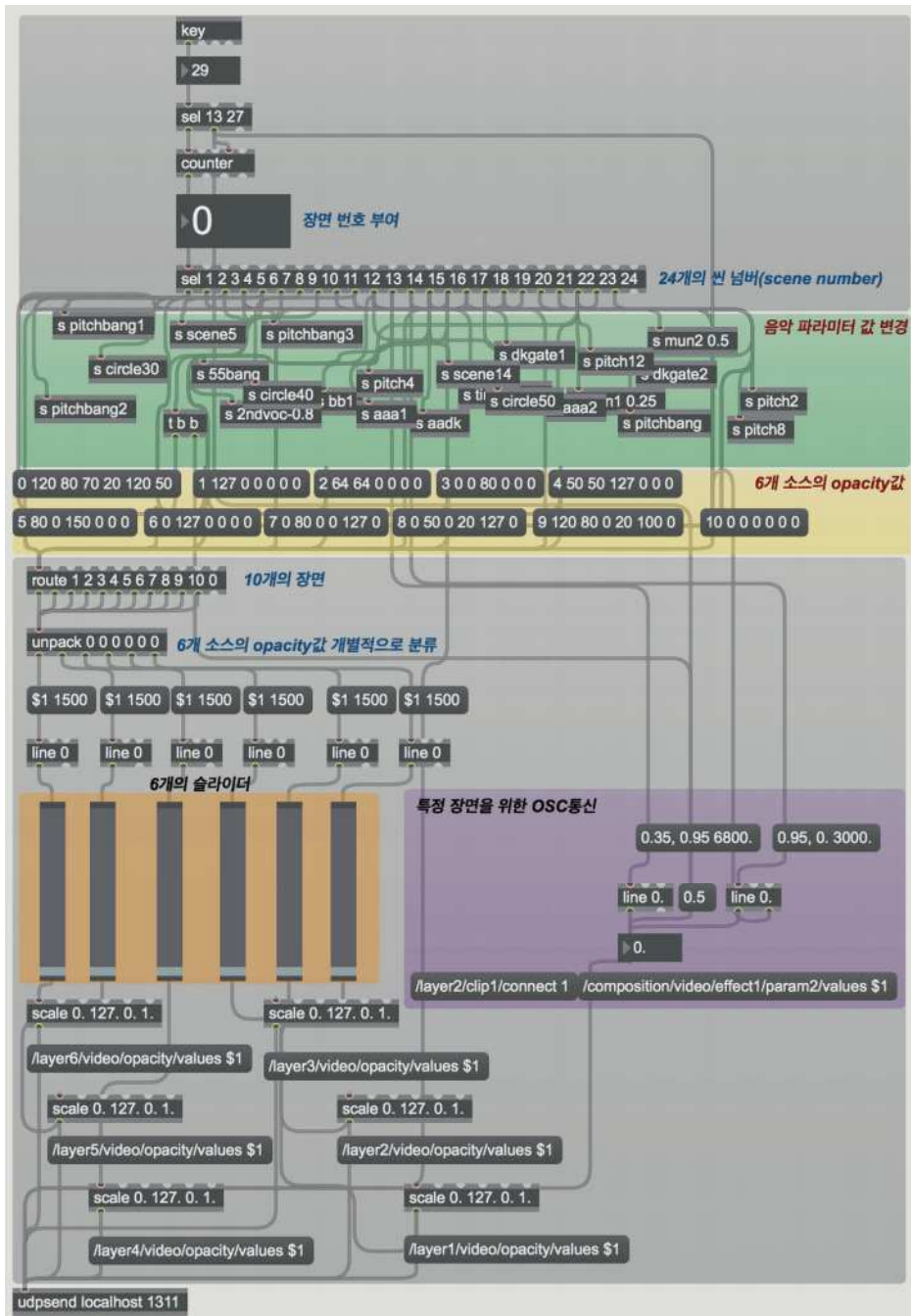
다음의 [그림-18]에는 개별의 영상마다 입력된 opacity 정도를 확인할 수 있는 슬라이더(slider) 6개가 있다. 6개의 영상이 모두 켜일 때는 opacity 값을 적절히 조절해야 한다. 만약 모든 opacity가 최댓값을 출력하면 조합된 장면에 따라 보이지 않는 영상이 생길 수 있다. 따라서 켜이는 6개의 영상들이 잘 보이게끔 적절한 수치를 입력해야 한다.

각 장면의 번호가 출력되는 시스템에 의해 사운드 프로세싱을 위한 파라미터가 연동되도록 하는 것은 send, receive오브젝트로 간단하게 해결 할 수 있다. [그림-18]의 초록색 영역은 장면 전환 신호를 받아 사운드 프로세싱이 연동되도록 send오브젝트를 연결한 것이다. 장면 전환 번호에 맞춰 bang을 출력하면 receive오브젝트가 사운드 프로세싱에 연결된 값을 입력하는 방식이다. Max를 활용하여 장면 전환 및 사운드 프로세싱에 대한 입력 값 시스템을 설계했기 때문에 컴퓨터 키보드의 enter만 누르는 간단한 조작으로 오디오-비주얼 동시 제어를 간소화했다.

50) 개별의 메시지 값들이 여러 개 묶인 것을 의미한다.

51) 입력되는 리스트의 가장 앞에 인수에 맞춰 출력해주는 Max오브젝트이다.

52) 리스트로 묶인 메시지를 분류하는 Max오브젝트이다.



[그림-18] 음악과 영상을 연동하는 전체적인 시스템

3. 멀티미디어음악 작품 <Wander Around>

연구된 오디오-비주얼을 적용한 멀티미디어음악 작품 <Wander Around>는 2017년 11월 11일 동국대학교 이해랑극장에서 한국멀티미디어학회 ‘보는 소리, 듣는 영상 XIV’ 공연에 초연되었다.

1) 작품 소개

음악 기법 및 작품 형식의 측면에서 작품 <Wander Around>를 볼 때 20세기 이후의 전위적인 음악 스타일을 따르지 않는다. 현대의 과학 기술과 예술이 결합된 멀티미디어 공연이 다소 난해하고 어려울 수 있는 일반 대중들에게 조금 더 공감이 되도록 작품을 제작했기 때문에, 과거의 표제음악⁵³⁾과 같은 성향을 띤다.

도형, 원은 예전부터 끝도 없이 반복되고 영원하며 완전한 형태로서 순환적인 시간의 경과나 혼돈 또는 그러한 모든 만물을 포함하는 우주의 상징으로 표현되어왔다. 작품에서의 원은 ‘소우주’라 불리는 인간의 ‘자아’로 빗대어 그려졌으며 작품에서 주제 이미지로 원이 등장한다. 성장과 퇴행의 끊임없는 변화를 거쳐 자아의 본질을 실현하는 찰나의 순간과 그 후를 작품으로 풀어내고자 한다.

53) 제목 혹은 설명글을 기입하는 형식의 기악곡으로 문학, 회화, 극 등의 다른 예술과 결부시켜 작품을 암시하기도 한다. 음악에서 음의 존재만을 부각시키려는 절대음악과의 반대되는 개념이다.

① 음악

음악의 작법 및 전개는 대중들이 이해하고 받아들이기 쉽도록 기-승-전-결이 뚜렷한 고전적 예술 형식을 따르고 있다. 다음 <표-6>에서 형식에 따른 작품의 의미를 정리하였다.

<표-6> 음악 형식에 따른 의미

형식	A	(bridge I, II)+ B +(climax)	A'
초	0" ~ 2'15"	2'15" ~ 4'55"	4'55" ~ 6'18"
의미	자아를 찾아 떠남	성장과 퇴행, 자아실현과 그 후	자아를 찾아 떠남

작품은 가장 기본적인 세도막 형식⁵⁴⁾으로 작곡되었으며 8분의 6박자, f단조⁵⁵⁾음악이다. 시작 및 종결은 어두운 분위기이며 밝고 희망찬 분위기로 진전될 때는 f단조와 나란한 조⁵⁶⁾인 A b 장조로 전조된다. 장·단조의 차이에 의해, 리듬의 형태 혹은 음악적 기법도 달라졌다. 유연하고 해매는 듯한 어두운 분위기를 음악의 도입부와 종결부에 풀어내기 위해 아르페지오(arpeggio)⁵⁷⁾의 음형을 부드럽게 연주한다. 곡이 발전됨에 따라, 템포가 빨라지며 클라이맥스(climax)로 향하는 B부분에서는 밝고 희망찬 분위기에 더불어 악곡에 큰 변화를 주기위해

54) 제시-대조-반복(A-B-A)로 이루어져있으며 3부형식 이라고도 한다. 음악적 원칙이 가장 간결하고 뚜렷하게 나타나는 형식이다.

55) 단음계를 토대로 이루어진 조성으로 장조와 비교했을 때 슬프고 어둡다.

56) 같은 조표를 사용하는 장조와 단조를 말한다. 같은 조표를 사용하기 때문에 자연스러운 전조를 할 수 있다.

57) 화음이 분산된 형태로, 한 음씩 차례대로 연주하는 주법이다.

헤미올라(hemiola)⁵⁸⁾의 리듬 형태를 사용하였다.

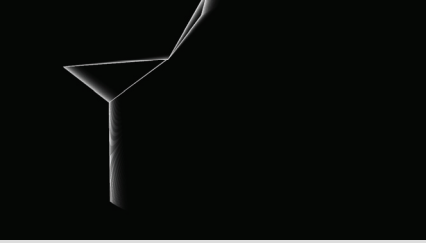
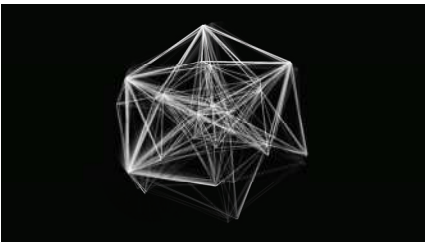
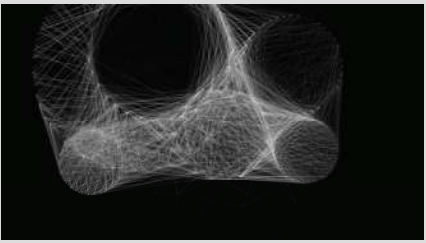
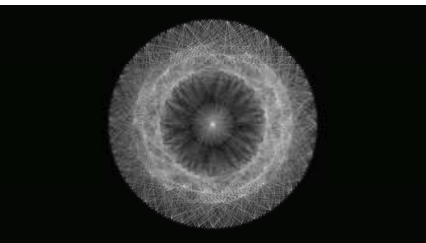
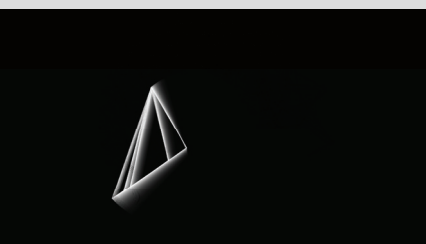
A부분부터 곡의 발전에 따라 프로세싱 음향이 서서히 추가된다. B부분부터 클라이맥스에서는 모든 프로세싱 소리가 출력되며 A'에서는 피아노 솔로로 연주하다가 끝 부분에 프로세싱 사운드가 합해져 곡이 마무리된다.

② 영상

작품을 위해 사용된 6개의 영상 소스는 음악의 기-승-전-결에 따라 의미를 갖고 시각화 되었다. 앞서 본 <표-2>, <표-3>에 정리된 영상 번호를 토대로 영상이 갖는 의미를 설명하고자 한다. 도형, 원은 작품을 풀어나가는데 주요 요소로 6개의 영상 이미지에서 모두 원의 형태를 찾아 볼 수 있다. 하지만 주로 영상1에 작품의 주제적인 의미를 반영했다. 다음의 <표-7>에 작품 의미에 맞춰 정리된 영상1의 이미지를 볼 수 있다.

58) 3/4, 6/8박자와 같은 3박자 계열의 곡에서 2박자 리듬 형태가 등장하는 것을 말하며 기본박자는 그대로 유지하고 연주법에 의해 그 차이를 표현한다.


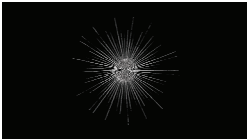
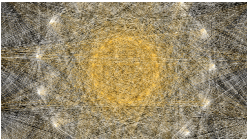

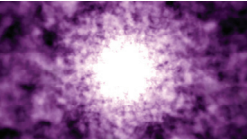
<표-7> 작품 의미에 따른 주요 영상의 변화

형식 및 의미	영상1- 주요이미지
<p style="text-align: center;">A (자아를 찾아 떠남)</p>	
<p style="text-align: center;">bridge I (성장)</p>	
<p style="text-align: center;">bridge II (퇴행)</p>	
<p style="text-align: center;">B (자아실현)</p>	
<p style="text-align: center;">A' (자아를 찾아 떠남)</p>	

A와 A'는 목적 없이 헤매고 돌아다니는 것을 형상화 한 것으로 비행하고 있는 듯한 느낌을 준다. bridge I의 '성장'부분에서는 불완전한 형태의 원이 서서히 꿈틀거리며 완전해 지려고 한다. 반대로, bridge II의 '퇴행'부분에서는 원이 파괴된 형태로 추상적인 이미지가 나오며 B부분에 이르러 '자아실현'을 이루는 단계에서는 앞으로 나아가는 느낌을 표현하기 위해 역동적인 빠른 움직임의 원으로 시각화 하였다.

앞서 정리한 영상1을 제외한, 나머지 영상들이 가진 개별적 의미를 다음의 <표-8>에 정리하였다.

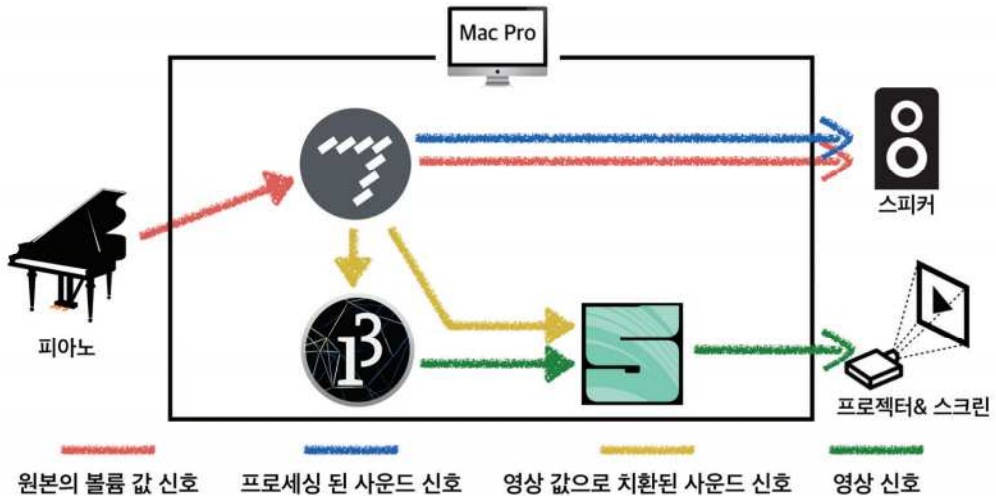
<표-8> 영상2~6의 의미

영상2~6	의미
	심연 속, 내면의 공간
	확실치 않은 존재, 자아의 작은 반짝거림
	확실시 된 존재, 자아의 큰 반짝거림
	자아의 결정체
	자아실현을 위한 열정

2) 작품에서의 기술 적용

① 시스템

마이크를 통해 들어오는 피아노의 음량 값은 컴퓨터로 입력된다. 컴퓨터에서는 원본 그대로의 피아노 소리와 프로세싱 된 소리를 공연장의 스피커로 출력하고 음량 값에 인터랙션 된 영상은 스크린에 출력한다. 간략한 시스템 구성을 아래 [그림-19]에서 볼 수 있다.



[그림-19] 공연 시스템 구성도

실제 공연에서는 무대 중앙에 피아노가 위치했고 실시간 제어는 객석의 가장 뒷자리에서 하였다. 중앙에 위치한 그랜드 피아노가 영상이 투사되는 스크린을 많이 가리지 않도록 피아노의 상판을 완전히 열지 않고 조금만 열었다.

② 기술 적용

가. A파트

곡의 첫 도입부는 피아노 솔로 연주로 시작된다. 사운드 프로세싱은 현악기군을 모방한 phase vocoder를 위주로 사용하였으며 재생속도 파라미터를 -0.8로 두어 리버스(reverse)⁵⁹⁾된 음향이 부드럽게 출력되도록 하였다. 34초부터 프로세싱 된 사운드가 시작하며 급격한 변화를 피하기 위해 한 번에 모든 사운드를 출력하지 않고 cross~를 통해 저음부와 고음부를 번갈아 내보내었다. 약 1분 20초에 phase vocoder의 재생속도 파라미터 값이 +55가 되도록 입력하였고 처음 값인 -0.8에서부터 30초 동안 바뀌도록 하였다. 아래의 <표-9>에 시간에 따라 발전된 음악 효과 및 <표-5>를 토대로 한 영상 장면을 정리하였다.

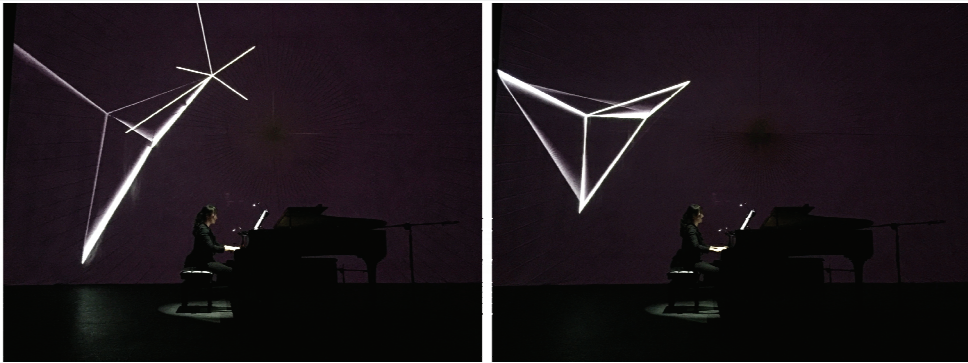
<표-9> A파트 구성

파트	A (0"~2'15")			
의미	자아를 찾아 떠남			
초	0"~34"	34"~1'00"	1'00"~1'20"	1'20"~2'15"
주요 음향	피아노 솔로	현악기 모방	피아노 솔로	현악기 모방
영상	phase vocoder			
영상	장면 1		장면 2	

장면 1은 음량 값에 의하여 중앙에 있는 원 크기가 달라지는 2번 영상이다. 장면 2에서부터 본격적으로 작품의 주제, 1번 영상이 나오고 사운드에 반응해 도형의 형태가 바뀌기 때문에 인터랙션이 더 부각되어

59) 소리의 파형을 뒤집어 내는 음향 효과이다.

표현된다. 본격적으로 영상에 인터랙션이 부여된 스토리가 시작된 1' 20" ~ 2' 15" 의 실제 공연 사진은 아래 [그림-20]에서 볼 수 있다.



[그림-20] A파트

나. bridge파트

보통 음악에서 bridge파트는 악절과 악절 사이를 연결시켜주는 역할로 메인 파트에 종속되어져 있기 때문에 독립적인 부분으로 해석하진 않는다. 하지만 본 작품에서의 bridge는 A와 B를 연결해주는 ‘다리’의 역할도 하지만 작품의 의미상 성장과 퇴행을 표현하는 중요한 부분으로 사운드 프로세싱이 심화되며 음향들이 쌓이고 1차 클라이맥스가 있는 부분이다.

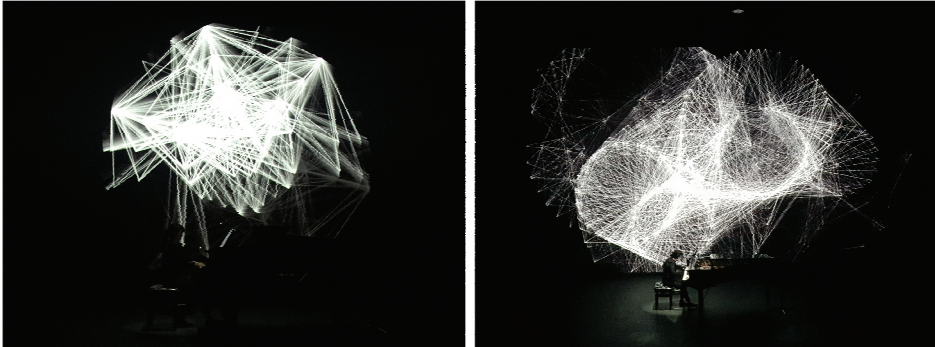
A파트에서 사용한 현악기군의 음향 프로세싱을 더하여 목·금관악기군을 모방한 2개의 `disis_munger~`를 사용한다. 공통적으로 적용되는 파라미터 값은 샘플 사이의 간격, 간격의 변화량이며 각각 500, 1000의 프리셋 값을 0으로 30초 동안 줄어들게 하였다. 샘플간의 간격이 넓어

산발적으로 출력되던 사운드들이 긴 램프 타임동안 하나의 음향으로 점차 변했기 때문에 곡의 A와 B를 연결하는 bridge역할에도 효과적이다. 같은 `disis_munger~`를 사용하지만 목관악기를 모방한 `disis_munger~`는 음정 파라미터가 0.5~4까지 2의 배수 간격으로 올라가 옥타브씩 올라가는 음향을 출력한다. 반대로 금관악기를 모방한 `disis_munger~`는 음정 값을 1로 고정시켰다. 그러나 [그림-5]의 금관악기 구성도에서 볼 수 있듯이 금관악기 `disis_munger~`는 1차적으로 프로세싱 된 사운드에 영향을 받기 때문에 목관악기를 모방한 `disis_munger~`의 음정 값이 달라지는 것만으로도 큰 변화를 받았다. bridge파트의 전체적인 정리는 다음의 <표-10>에서 볼 수 있다.

<표-10> bridge파트 구성

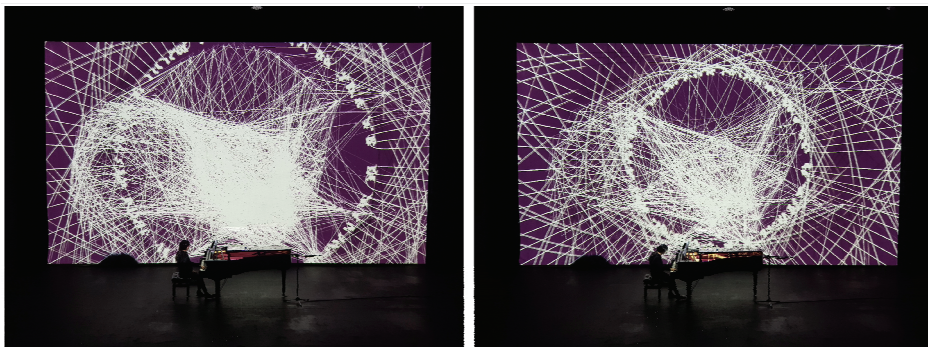
파트	bridge (2'15"~3'28")				
의미	성장			퇴행	
초	2'15"~2'54"			2'54"~3'28"	
주요	현악기+ 목·금관악기				
음향	phase vocoder + <code>disis_munger~</code>				
영상	장면 3	장면 5	장면 1	장면 6	장면 4

장면의 순서는 시간 순서에 따라 왼쪽에서 오른쪽으로 넘어가며 실제 공연에서의 성장과 퇴행 파트의 적용은 다음 [그림-21]과 같다.



[그림-21] bridge파트의 성장과 퇴행

아래의 [그림-22]의 사진은 B부분으로 넘어가기 전에, 1차 클라이맥스 부분이다. 이전의 영상보다 점점 환해지도록 하기 위해 Arena5에서 영상 밝기 및 대비효과를 주었으며 OSC통신으로 Max에서 적용한 효과를 조절하였다. 앞의 [그림-18]에서 이 특정 장면을 위한 Max활용을 어떻게 했는지 보라색으로 표시한 영역에서 확인 할 수 있다.



[그림-22] 1차 클라이맥스

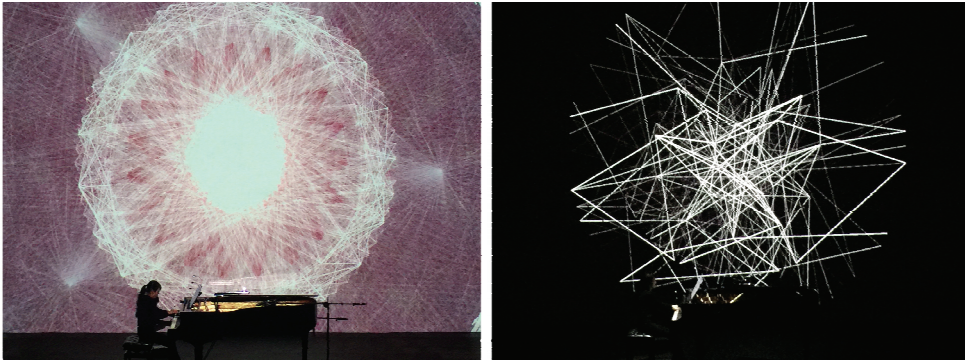
다. B + climax파트

가장 풍부한 음향을 표현하는 파트로 이전에 프로세싱 된 모든 음향을 계속 유지한다. 각 악기군을 모방한 사운드들은 bridge파트까지 거치면서 하나의 긴 지속음으로 발전되었다. 모든 음향 파트가 하나의 긴 패드 사운드로 나오기 때문에 B부분부터 climax부분까지는 주로 음정 값을 조절하여 사운드를 발전시키며 적절한 음량 조절이 필요한 부분이다. B와 climax파트 구성의 정리는 다음과 같다.

<표-11> B + climax파트 구성

파트	B + climax (3'28"~4'55")				
의미	자아실현과 그 후				
초	3'28"~4'55"				
주요 음향	현악기+ 목·금관악기				
	모든 사운드 프로세싱의 출력 음량 값 조절				
영상	장면 8	장면 9	장면 0	장면 7	장면 6

불완전하고 천천히 움직이는 원의 형태가 완전해지고 빠르게 움직이기 시작하며 전반적인 무채색 톤(tone)의 영상구성에서 클라이맥스 부분에 유일하게 색상이 들어간다. 모든 영상들이 합쳐진 것으로 개별적인 영상들 간의 구분은 거의 안가지만 눈이 부실 정도로 폭발적인 영상을 표현하고자 했다. 음악적으로 최고조에 이르는 부분이 끝나면서 원은 타고 남은 '재'처럼 변한다. [그림-23]은 자아실현과 그 후가 표현된 공연 사진이다.



[그림-23] 2차 클라이맥스와 B파트 마무리

라. A'파트

음악적으로 종결이 되는 부분이다. 따라서 화려한 모든 사운드 프로세싱이 빠지고 피아노 솔로로 시작하여 마지막 부분에 저음역과 고음역을 극명하게 대비시킨 사운드 프로세싱 효과로 마무리한다. 각각 목·금관 악기의 최고음역 악기, 피콜로(piccolo)와 최저음역 악기, 튜바(tuba)를 연상하였다. 최고음역은 disis_munger~의 음정 값을 12까지 올려 소리 냈으며 최저음역은 반대로 0.25까지 내려서 가능하다.

<표-12> A'파트 구성

파트	A' (4'55"~6'18")	
의미	자아를 찾아 떠남	
초	4'55"~6'18"	
주요	목·금관악기	
음향	disis_munger~	
영상	장면 2	장면 1

마지막 영상 장면은 도입부인 A파트와 반대인 구조이며 자아실현의 뒤에 또 다시 처음으로 돌아온 것을 표현했다. <표-8>에 따라 ‘심연, 내면의 공간’으로 표현된 영상2를 서서히 사라지게 하여 작품이 마무리된다.



[그림-24] 작품 종결

Ⅲ. 결 론

본 연구를 통해 오케스트라 음향을 컴퓨터 사운드 프로세싱으로 모방함으로써 피아노 솔로 연주만으로 만들어 낼 수 없는 풍성한 소리를 구현하고 연주되는 음의 음량 값을 통해 영상의 다양한 변화를 도출해 소리 시각화를 하였다. 작품을 위한 음악과 영상의 모든 프로세싱에는 컴퓨터가 활용되었으며 기술과 예술을 접목시키려는 현 시대의 예술 동향에 그 흐름을 같이 한다. 과거보다 성능이 월등히 좋아진 현대의 기술력은 본 연구에서 ‘실시간 제어’라는 이점을 주었다. 실시간 사운드 프로세싱 및 음량 값에 반응하는 영상의 실시간 인터랙션으로 작품의 주제를 더 명확하게 전달할 수 있으며 공연장에서 청중들과의 예술적 교감을 훨씬 높여주었다.

음악이 시간예술⁶⁰⁾이라는 점을 활용해 작품의 전체 구성에 맞춰 몇몇 사운드 프로세싱 및 영상 제어 값을 자동화 하였다. 이 작업을 통해 작품의 오디오-비주얼 콘텐츠를 효율적으로 제어할 수 있으며 본 공연에서 오퍼레이터(operator)의 부담을 줄일 수 있다. 따라서 멀티미디어 공연에, 컴퓨터를 통한 작품 요소들의 자동화는 1인 작업 체계의 효율적인 시스템 구현 가능성을 뜻한다. 하지만 공연장에서 다른 장비들과 컴퓨터 시스템 간의 호환성 문제로 다양한 기술 문제가 발생할 수 있으며 본 공연에 기술적 문제가 발생되지 않도록 많은 오류를 줄여나가야 한다.

60) 공간예술과 반대되는 개념으로 시간의 경과에 따라 작품의 내용이 전개되는 예술이다. 일반적으로 음악, 문예를 한해서 시간예술이라 한다.

작품 <Wander Around>에서는 입·출력의 신호들이 다양한 곳으로 분산되어 있지 않아 컴퓨터 시스템적으로 복잡한 연결이 없었기 때문에 큰 오류 발생은 없었다. 한 쌍의 마이크를 사용하여 스테레오 사운드 신호만 입력받아 사운드 프로세싱을 거친 후 스피커로, 시각화 된 영상 데이터는 대형 스크린으로만 출력됐기 때문이다. 이러한 구조는 시스템 오류를 줄일 수 있지만 다채로운 공연을 그려내기에는 부족하다.

시·청각적 요소의 효율적인 제어를 기반으로, 음량 값 이외의 다양한 데이터를 활용한다면 작품의 메시지 전달이 다방면으로 이뤄지는 다채로운 공연을 제작할 수 있을 것이다. 따라서 여러 데이터 활용으로 인해 복잡해지는 하드웨어 연결에 따라 불안정 할 수 있는 컴퓨터 시스템을 개선하고 감상자와의 예술적 공감대가 형성되는 작품 제작이 향후 연구 과제가 될 것이다.

Keyword(검색어)

인터랙티브 멀티미디어 음악(interactive multimedia music), Max/MSP, 컴퓨터음악(computer music), 실시간 사운드 프로세싱(real-time sound processing), 소리 시각화(sound visualization), 피아노 음악(piano music)

E-mail: ehrud131@naver.com

참 고 문 헌

1. 단행본

- Adler, Samuel 저 「관현악 기법연구」, (수문당, 2009)
- Shiffman, Daniel 저 「러닝 프로세싱」, (비제이퍼블릭, 2016)
- Harkleroad, Leon “The Math Behind the Music”,
(Cambridge University press, 2006)
- Katz, Bob “Mastering Audio the art and the science- third edition”,
(Focal Press, 2007)
- Roads, Curtis “The Computer Music Tutorial”,
(MIT Press, 1996)
- V.J.Manzo “Max/MSP/Jitter for music”,
(Oxford University Press, 2011)

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)

- 신윤남, 「비올라 실시간 음색분석을 통한 오디오-비주얼 작품 제작 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2013)
- 전우진, 「컴퓨터음악과 phase music을 이용한 인터랙티브 멀티미디어 퍼포먼스 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2017)
- 홍성대, 장호연, 박진완, 「Max/MSP를 이용한 인터랙티브 미디어 콘텐츠 연구」 (한국컴퓨터게임학회논문지, 2008)

3. 웹사이트

MSP Analysis Tutorial 2: Stereo panning

https://docs.cycling74.com/max7/tutorials/13_panningchapter02

MSP Analysis Tutorial 4: Signal Processing with pfft~,

https://docs.cycling74.com/max7/tutorials/14_analysischapter04

Processing: several libraries

<https://processing.org/reference/libraries/>

CNMAT: external Max objects, OSC

<http://cnmat.berkeley.edu>

syphon

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

ABSTRACT

Production of Real-time Audio-Visual System for Piano Performance

Lee, Do Kyoung

<Wander Around> in this study is a multimedia music project which focuses on sound visualization. The purpose of this study is to provide audiences with diverse creative art experience through visual and auditory multimedia by orchestrating sound created between instruments and computer and furthermore by showing realtime visual response caused by sound. Visual construction was possible through processing and Arena5 while orchestrating sound and sound response visualization was done by max/MSP.

Max/MSP was further utilized to control the automation of sound and visual processing values for the formation of a project as a whole. automation allowed for greater efficiency in controlling audio-visual contents and also reduced operator's responsibility during performance. Therefore, automation of audio-visual variables indicates possible construction of an effective single-person system.

However, reducing technical complication which may arise from compatibility difficulties between instruments and computer systems remains as an assignment during performances. Project <Wander Around> did not encounter any major technical complications given the simple I/O(Input/Output) connections. The reason being that only a single pair of microphones were used to receive and process stereo sound signals to speakers and visual/video data to a large screen. Unfortunately, although aforementioned system reduces the frequency of errors, it lacked diversification during a performance.

Nevertheless, we envision a wholly unconventional performance through utilization of diverse data sets, such as volume, to express and communicate the creator's message to the art world. As various data sets are used, hardware connection may become complex and lead to instability in the computer system. Therefore, revision and improvement in an unstable computer system, in order to produce a communicative work with the audience, is an important aspect of the future study.

부록-1 : <Wander Around> 악보 및 장면 전환 번호

Wander Around

이도경

♩ = 60

Piano *pp*

5 Pno.

9 Pno. *mp* 1 fade out

13 Pno. 2

17 Pno. *p*

21 Pno. 3

Wander Around

Pno. *mp*

Pno. *mf*

fade out
4

Pno. *mf* *p*

5 **6**

Pno. *p* *subito p* *mf* *ritrato*

7 **8** **9** **10**

Pno. *s* *s* *s* *3*

fade out

RH LH RH LH

Wander Around

3

Pno.

Measures 17-22. Treble clef, bass clef. Key signature: three flats. Time signature: 3/4. Measures 17-22 contain triplets of eighth notes with slurs. Measure 22 has a fermata over the final note.

Pno.

Measures 23-28. Treble clef, bass clef. Key signature: three flats. Time signature: 3/4. Measures 23-28 contain triplets of eighth notes with slurs. Measure 26 has a box around the number 11. Measure 28 has a fermata over the final note.

Pno.

Measures 29-34. Treble clef, bass clef. Key signature: three flats. Time signature: 3/4. Measures 29-34 contain triplets of eighth notes with slurs. Measure 34 has a fermata over the final note.

Pno.

Measures 35-40. Treble clef, bass clef. Key signature: three flats. Time signature: 3/4. Measures 35-40 contain triplets of eighth notes with slurs. Measure 40 has a fermata over the final note.

Pno.

Measures 41-46. Treble clef, bass clef. Key signature: three flats. Time signature: 3/4. Measures 41-46 contain triplets of eighth notes with slurs. Measure 43 has a box around the number 12. Measure 46 has a box around the number 13. Measure 46 has a fermata over the final note. Dynamic markings: *cresc.* and *subito p*.

fade out

Moderato (♩ = c. 95)

Pno.

Pno.

14 *a tempo*

Pno.

Pno.

Pno.

Wander Around

5

Piano score for "Wander Around", measures 69-81. The score is in G minor (three flats) and 3/4 time. It consists of five systems of two staves each (treble and bass clef). Measure numbers 69, 72, 74, 78, and 81 are indicated at the start of their respective systems. Measure numbers 15, 16, 17, 18, and 19 are boxed and placed above the treble staff. Performance markings include *ff*, *fff*, *sfz*, *mp*, and *cresc.* (crescendo). Fingerings (I-IV) and articulation (accents) are indicated throughout. The piece concludes with a *fff* marking in measure 81.

87 **20** **21** *sfz* *sfz* *sfz* *mp* **fade out**

89 *dm.* *rit.*

97 **22** $\text{♩} = 60$ *pp*

98 **23** *smorzando* *rit.* **24** **fade out**

부록-2 : 첨부 DVD 설명

1. Wander Around_mov : 2017년 11월 11일 이해랑 예술극장 공연 실황
2. Wander Around_score: 작품 악보 폴더
3. Wander Around_patch: 오디오-비주얼 시스템 Max/MSP 패치 폴더