



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

포스트모더니즘 이후의 멀티미디어음악 제작을 위한
실시간 인터랙티브 오디오-비주얼 시스템 연구

- 멀티미디어음악 작품 <Anthropocene Desolation II>를 중심으로 -

지도교수 김 준

동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과

김 연 주

2 0 2 3

석사학위논문

포스트모더니즘 이후의 멀티미디어음악 제작을 위한
실시간 인터랙티브 오디오-비주얼 시스템 연구

- 멀티미디어음악 작품 <Anthropocene Desolation II>를 중심으로 -

김 연 주

지도교수 김 준

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2023년 6월

김연주의 음악석사(컴퓨터음악) 학위 논문을 인준함

2023년 7월

위원장 정 진 현 (인)

위 원 김 정 호 (인)

위 원 김 준 (인)

동국대학교 영상대학원

목 차

I. 서론	1
1. 연구 배경	1
2. 연구 목적	8
II. 기술연구	10
1. 사운드 디자인	10
(1) 샘플링(sampling) 기법을 활용한 사운드 프로세싱	10
(2) Comb Filter	17
(3) Wavefolding	23
(4) Granular Synthesis	28
(5) Wavetable Synthesis	32
2. 오디오-비주얼 시스템 디자인	34
(1) 오디오 신호 분석을 위한 프로그램 디자인	34
(2) FFT를 활용한 오디오 분석	40
3. 시각화 시스템	44
(1) 노이즈를 이용한 실시간 지형 생성 - Terrain	46
(2) OpenGL Shader를 이용한 지형 이미지 생성	51

(3) Torus Particle System	52
III. 연구 기술의 작품 적용	58
1. 작품 소개	58
2. 작품 구성 및 연구 기술 적용	64
(1) 공연 시스템 및 무대 설계	64
(2) 음악의 구조 및 파트별 기술 적용	66
(3) 영상의 구조 및 파트별 기술 적용	76
3. 작품 적용 기술의 예술적 효과	83
IV. 결론	89
참고문헌	92
ABSTRACT	97
부록: 첨부 DVD 설명	101

표 목 차

<표-1> original 음원의 오디오 프로세싱 과정	14
<표-2> 작품의 음악 구성 및 기술 적용	66
<표-3> narration에 사용된 음향 효과	67
<표-4> sampled percussion에 사용된 음향 효과	68
<표-5> synth bass에 사용된 음향 효과	70
<표-6> 드론에 사용된 음향 효과	72
<표-7> 클리치에 사용된 음향 효과	74
<표-8> SFX에 사용된 음향 효과	75
<표-9> 영상의 구조 및 파트별 주요 영상 효과	76
<표-10> 사운드 디자인 적용 효과	86
<표-11> 시각화 요소의 영상 적용 효과	88

그 립 목 차

[그림-1] 포스트모더니즘 시대의 음악 - John Cage, <4'33''>(1952)	4
[그림-2] 아날로그 신호의 특성과 요소	12
[그림-3] 샘플링한 음원을 조작하여 만든 오디오 파형	13

[그림-4] phase interference를 활용한 오디오 파형 조작	16
[그림-5] comb filter 적용 전후비교	17
[그림-6] feedforward comb filter 도식	18
[그림-7] myCombSynth data flowchart	20
[그림-8] myCombSynth UI	21
[그림-9] folded sine wave	23
[그림-10] sine wave에 wavefolding을 적용하는 모습	25
[그림-11] WaveFolderSynth data flow	26
[그림-12] granular synthesis 적용 전후	28
[그림-13] myGrain UI	30
[그림-14] myGrain poly~ 패치 내부	31
[그림-15] Serum의 웨이브테이블 오실레이터	33
[그림-16] 킥드럼의 실제 오디오 파형과 기댓값의 차이	34
[그림-17] 오디오 신호를 지형 디테일 데이터와 연결	35
[그림-18] 복합적 조건의 데이터 필터링 사례	37
[그림-19] waveform에 대한 spectrogram 시각화	40
[그림-20] pfft~ 패치 내부	42
[그림-21] FFT 분석된 데이터	43
[그림-22] 작품 <Anthropocene Desolation II>의 한 장면	44
[그림-23] Jitter 프로세싱을 통한 노이즈 변조 과정	47

[그림-24] 노이즈의 스케일 정도에 따른 지형의 변화	49
[그림-25] 스케일 값의 증가에 따른 노이즈 양 변화	49
[그림-26] 가상 지형의 모습	50
[그림-27] 지형에 음영 처리를 하기 위해 사용된 Shader 일부	51
[그림-28] 노이즈의 크기에 따른 원환체의 밀도 변화	52
[그림-29] 원환체에 움직임을 부여하기 위한 jit.gen 패치 일부(1)	53
[그림-30] 원환체에 움직임을 부여하기 위한 jit.gen 패치 일부(2)	54
[그림-31] 원환체에 새로운 위치값을 지정하기 위한 jit.gen 패치	55
[그림-32] 무작위 마우스 위치를 지정해주기 위한 패치	56
[그림-33] 초연 당시 사진	58
[그림-34] <My Warm Little Pond>(2021) 적용 모습	59
[그림-35] 공연 시스템	64
[그림-36] 무대 구성	65
[그림-37] 신스 베이스 이펙트 체인 일부	71
[그림-38] Intro 파트의 영상 일부	77
[그림-39] A파트 일부	78
[그림-40] B파트 영상 일부	79
[그림-41] C파트 영상 일부	80
[그림-42] D파트 영상 일부	81
[그림-43] Outro 파트 영상 일부	82

I. 서론

1. 연구 배경

근대화¹⁾와 산업화²⁾로 촉발된 도시 문명은 19세기 유럽인들의 생활양식을 근본적으로 변화시켰다. 기존의 규범과 질서는 쇠락의 길을 걷게 되었고, 대안적 체제에 대한 열망은 계속 증가했다. 이성과 정합성에 대한 반발로 인상주의³⁾와 표현주의⁴⁾가 힘을 얻었던 것처럼, 전통적 서양음악관에 대한 당시 음악가들의 회의는 현대음악⁵⁾, 신음악으로 표현되었다. 19세기 후반 태동한 모더니즘⁶⁾

- 1) 근대화(modernization)는 봉건제 사회에서 근대 자본주의 사회로의 전환이 이루어졌던 시기로 볼 수 있지만, 제국주의를 긍정하는 동력이 되었던 사회진화론과 밀접한 관계에 있었고, 선형적 시간개념과 목적론에 의존한다는 점에서 비판의 여지가 있다.
- 2) 18세기 영국에서 방직기 개량으로 촉발된 산업혁명으로 대표되며, 봉건적 농번사회에서 기술발전으로 인해 대량생산 대량소비가 가능한 자본주의 사회로의 변화를 말한다.
- 3) 음악사조에서의 인상주의, impressionism)는 현대음악의 시초를 알린 사조로 평가된다. 전통적 서양음악의 조성에서 벗어나 온음 음계를 주로 사용하는 경향이 관찰된다. 프란츠 리스트, 가브리엘 포레, 클로드 드뷔시, 모리스 라벨 등이 대표적이다.
- 4) 음악에서의 표현주의(expressionist music)는 20세기 초반부터 제2차 세계대전 직전까지 독일을 중심으로 성장했다. 극단적인 음역대를 적극적으로 사용했고, 자유로운 박절과 리듬을 사용했다. 안톤 베베른, 아르놀트 쇤베르크, 알반 베르크 등이 대표적이다.
- 5) 현대음악은 단순히 20세기 이후의 음악을 총칭하는 것이 아니라, '순수음악'의 장에서 발전한 예술음악 중에서 전통적인 음악형식을 벗어나 새로운 기법, 기술을 사용하거나 새로운 개념을 제시한 음악을 지칭하는 개념이다. 시기별로 내용상의 차이가 있으나 신음악(Neue Musik), 전위음악(musique d'avantgarde) 등의 용어로도 표현된다.
- 6) 모더니즘(근대주의, modernism)은 20세기 전반 종래의 문화적 기반과 작별을 고하고 보편과 합리성, 과학적 사고에 의존하는 문예사조이다. 모더니즘은 단일한 무엇으로 정의하기 어려운 다양한 속성을 내포한다. 모더니즘은 제2차 세계대전을 기점으로 포스트 모더니즘의 비판을 받는다.

과 2차 세계대전 이후 포스트모더니즘⁷⁾을 겪으며 ‘예술로서의 음악(순수음악)’은 당시의 혼란한 시대상만큼이나 급진적인 몇 번의 변화를 경험한다.

초기 모더니즘 시기의 음악은 내면의 인상을 포착하거나(인상주의), 반대로 내면의 정동을 외부로 표출하는(표현주의) 보다 개인적이고 감성적인 측면이 특세하는 것처럼 보였으나 1차 세계대전 이후 이들의 안티테제⁸⁾로 등장한 반-인상주의, 반-표현주의에 의해 대체된다. 반-인상주의, 반-표현주의를 표방한 신고전주의⁹⁾ 음악은 고전적인 동시에 자율적인 형식을 가진 객관적이고 순수한 음악을 상상했다. 그러나 진보이자 혁신이던 모더니즘은 그 자체로 해결할 수 없는 모순을 내포하고 있었다. 바로 이성과 합리성, 추상 능력에 대한 맹신, 문명화 된 서구 유럽이라는 중심이 야만한 주변부를 계몽해야 한다는 신념, 재현에 대한 회의와 맞바꾼 신화와

7) 포스트모더니즘(탈근대주의, postmodernism)은 모더니즘의 핵심인 이성중심주의에 대한 회의를 동력으로 성장한 사상적 경향을 말한다. 제2차 세계대전 이후 인간의 이성과 합리성에 대한 회의는 기존의 질서에 대한 회의로 이어진다. 여성운동, 흑인인권운동 등 서유럽 출신 백인 남성 중심의 질서를 비판하는 운동과 1960년대 초반 구조주의에서 영감을 받아 발전한 해체주의가 포스트모더니즘의 사상적 기반으로 평가된다. 자크 데리다, 장 프랑수아 리오타르, 보드리야르 등이 대표적 사상가로 꼽히며, 탈중심적(다원적), 탈이성주의적, 반휴머니즘적 사고가 가장 큰 특징이다.

8) 안티테제(반정립, antithesis)는 독일의 철학자 헤겔의 변증법을 도식화하는 과정에서 사용된 용어로, 일반적으로는 정립(테제)에 대립하는 주장을 뜻하는 용어로 사용된다.

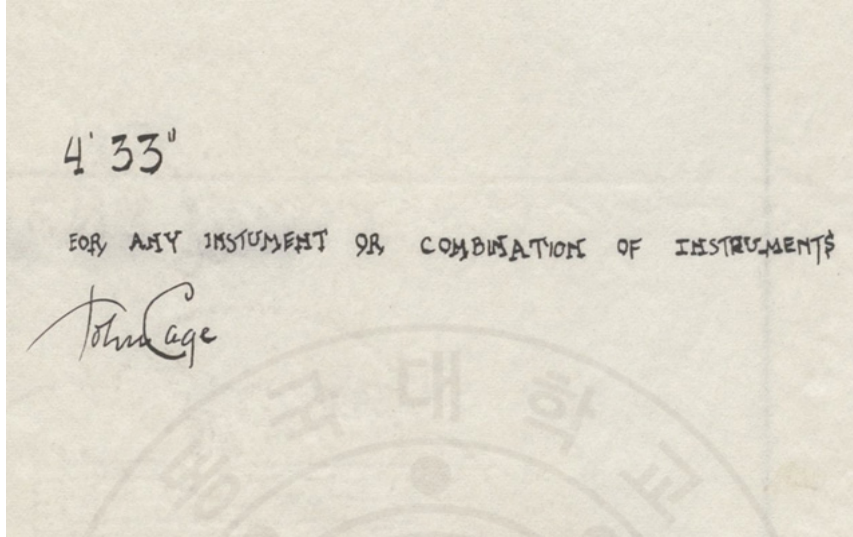
9) 신고전주의 음악(neoclassical music)에서의 신고전주의는 미술이나 문학에서 나타나는 신고전주의와는 구분된다. 19세기의 낭만주의와 표현주의 음악에 대한 반동으로서 과거의 음악 형식과 기법을 20세기적으로 표현하는 것을 목적으로 삼았다. 주로 제1차 세계대전과 제2차 세계대전 사이의 시기에 나타나며, 이고르 스트라빈스키, 파울 힌데미트, 벨러 버르토크, 세르게이 프로코피예프 등이 대표적이다.

전통이라는 보편¹⁰⁾에 대한 집착이 바로 그것이다.

2차 세계대전 이후 인간의 이성과 합리성에 대한 유럽인들의 믿음은 허구로, 회의의 대상으로 전락했다. 유럽 중심의 이성에 대한 믿음이 사라지자, 유럽 중심의 세계관은 제3세계로부터의 도전을 받게 되고 이 때의 충격은 예술에 전방위적 변화를 가져왔다. 초기 모더니즘 시기의 현대음악사조가 바로크¹¹⁾ 이후 전통 서양음악의 질서를 그 기저에 두고 성장했다면, 1950년대 이후의 현대음악은 전통과의 단절을 선언하듯 파괴적이고 파괴적인 형식을 취한다. 예를 들어 20세기의 음악가 <존 케이지>(John Cage, 1912-1992)의 대표작 중 하나인 <4분 33초>(4'33", 1952)는 4분 33초 동안 아무것도 연주하지 않는 음악 작품으로 기존의 작곡과 공연에 대한 보편적인 인식을 전복하는 음악적 사건으로 음악사에 남게 되었다. [그림-1]

10) 보편주의는 보편자(the universals)를 개별자(the particular, the individual)에 우선하는 것으로 여긴다. 보편주의적 입장에서 개별자(특수)는 보편자(일반)와의 관계에서만 존재하며 의미를 획득한다. 모든 특수에 적용 가능한 보편을 발견하고자 하는 모더니즘의 노력은 '보편'의 기준이 편향되어 있고, 보편의 기준에 부합하지 않는 것을 계몽하는 방식으로 제국주의를 정당화하는 데 일조했다는 이유로 탈식민주의와 탈중심주의 포스트모더니즘의 비판을 받는다.

11) 르네상스 이후 16세기 말부터 전개되었던 서양 예술의 경향을 말한다. 레오나르도 다 빈치의 비투르비우스적 인간으로 표상되는 르네상스 시대의 미덕(질서, 균형, 조화, 논리)과 대비되는 우연성, 불균형, 자유분방함, 기괴함이 예술적 요소로 등장했다. 그러나 바로크 예술이 우연성과 기괴함, 자유분방함을 추구했다고 하더라도 그 근간에는 질서와 균형, 논리가 존재하기 때문에 이성주의와 합리주의를 완전히 타파했다고는 볼 수 없다.



[그림-1] 포스트모더니즘 시대의 음악 - John Cage, <4'33">(1952)¹²⁾

전자음악에 영향을 받아 탄생한 음악‘들’은 기술과의 관계 속에서 자신을 정의했고, 그 결과 다양한 정체성을 가진 다수의 음악들이 발생했다. 신고전주의 시대의 음악이 인간을 초월해 수학적 공리에 입각한 객관적이고 순수한 음악을 꿈꿨다면, 1950년대 이후의 현대 음악은 오히려 최신 기술의 힘을 이용하여 인간의 수행 능력을 증강시켰다는 점에서 일종의 트랜스휴머니즘¹³⁾적 시도로

12) John Cage(1912-1992)의 <4분 33초>(1952)는 피아노를 위한 음악으로, 연주 시간 동안 아무 것도 연주하지 않는다. 그는 음악에 우연적 요소를 도입한 현대음악가로, 기존 음악 관념이 내포하던 법칙과 제약을 뛰어넘어 새로운 개념을 제시한 우연성 음악의 개척자로 평가받는다. (The Museum of Modern Art, New York, 2012)

13) 트랜스휴머니즘(transhumanism)은 기술을 동원하여 인간의 정신적·육체적 한계를 초월하고자 하는 지적·문화적 활동을 말한다. 트랜스휴머니즘은 장애, 노화, 질병 등을 개선해야 할 대상으로 간주하며, 기술이 인간을 이러한 것으로부터 자유롭게 할 것이라 기대한다. 그러나 트랜스휴머니즘은 완전함과 좋음의 임의적 기준을 상정하고 그렇지

비취질 수 있다. 그 중에서도 전자음악¹⁴⁾과 컴퓨터음악¹⁵⁾은 과학 기술과 불가분의 관계에 놓여있다는 점은 유사하나, 오늘날 서로 다른 문화, 제도적 토양에 정착하여 각기 다른 장을 형성하고 있다.

오늘날 전자음악이라는 용어는 수많은 하위 장르를 포괄하는 카테고리로서 기능하고 있다. 이는 역설적으로 전자음악은 전자음악이 이루어지는 기술적 토대 이외에는 서로간의 유사성을 찾기 어려운 다종다양한 음악들이 혼재하고 있다는 점을 암시한다. 전자음악의 이러한 특성은 포스트모더니즘 시기에 오직 객체로서 존재 하던 제3세계의 문화가 재평가 받게 된 것과 깊은 관련이 있는 것

않은 것들은 개선해야 할 것으로, 배척해야 할 것으로 상정함으로써 휴머니즘과 계몽주의를 계승한다고 평가받는다. 또한 트랜스휴머니즘은 선형적 진보관과 좋음에 대한 이상적 기준에 도달하는 것을 추구한다는 점에서 반-휴머니즘적 경향인 포스트휴머니즘과는 대비된다.

14) Electronic music(전자음악)은 본래 전자악기나 디지털 악기 또는 전자회로 기반의 기술을 창작에 활용하는 음악을 광범위하게 통칭하는 용어이다. 그러나 1990년대 이후 영국을 중심으로 Electronica(일렉트로니카)로 통칭되는 앰비언트 테크노(ambient techno), 인텔리전트 테크노(intelligent techno), 빅 비트(big beat), 드럼 앤 베이스(drum and bass), 트립합(trip hop), 다운템포(downtempo), IDM(Intelligent Dance Music) 등의 음악 장르가 소개되었고, 일렉트로니카는 전자음악을 지시하는 표현으로 자주 사용되었고, 두 용어는 흔히 혼용된다. 본 연구에서는 전자음악이라는 용어를 다양한 현대 하위 전자음악 장르들을 포괄하는 카테고리를 뜻하는 단어로 제한하여 사용할 것이다. 이때, 전자음악에 포함되는 음악의 장르들은 상술한 장르들을 모두 포함하며 앞으로 소개할 브레이크코어(breakcore), 이스케이프 룸(escape room), 레프트필드 베이스(left-field bass) 등의 신생 장르를 모두 포함한다.

15) 컴퓨터음악은 전자음악의 한 갈래로써, 1960년대 이후 컴퓨터 기술의 발전에 힘입어 성장한 분야이다. 본 연구에서는 편의상 오늘날 컴퓨터음악과 전자음악이 일상에서 사용되는 맥락을 근거로 두 용어를 구분한다. 본고는 컴퓨터음악을 현대음악의 특성을 가진 예술음악으로, 전자음악은 지역적, 커뮤니티적 특성이 강조된 대중문화의 하위문화로 구분하였으나, 엄밀한 의미에서 컴퓨터음악은 전자음악의 하위카테고리이다. 이는, 전자음악이 워낙 광의적으로 사용되기 때문이다. 따라서 본고는 '컴퓨터음악을 비롯한 현대음악'으로 그 내용을 제한한다.

으로 보인다. 포스트모더니즘 시기에 이르러 우월한 하나의 중심과 그 주변을 강조하던 근대적 체제에서 벗어나, 다원화된 중심‘들이 주목받으면서 다양한 문화권의 음악적 특질과 수많은 하위문화¹⁶⁾의 속성들이 음악이라는 장에 주체적으로 자신을 위치시켰다.

컴퓨터음악을 비롯한 현대음악은 전통 고전음악의 형식에 대항하는 전문영역으로서 진지한 예술¹⁷⁾의 한 분야로 자신을 제도 내에 안착시키는 데에는 성공했으나, 그 자신의 실험적인 성향으로 인해 대중으로부터 유리¹⁸⁾되었다. 컴퓨터음악을 비롯한 현대음악이 고급한 예술의 한 분야로서 실험적이고 학술적인 성취를 이룬 것은 사실이지만, 그 실험적이고 참신한 시도가 실험을 위한 실험에 그치거나 오히려 진부한 무엇으로 취급되며 고립된 상황은 현재 전자음악이 보이지 않는 경계를 허물어 그 정의를 계속 확대하고 있는 것과는 확연히 대조적이다.

16) 하위문화(서브컬처, subculture)연구는 일반적으로 주류문화와 대비되어 소수집단 내에서 향유되는 문화를 지칭하지만, 에드워드 사이드(1935-2003)의 <오리엔탈리즘>(1978)으로 대표되는 탈식민주의, 비교문학연구, 지역연구와도 깊은 연관을 맺고 있다. 기존의 사회학에서 하위문화와 주류문화를 상호배타적인 개념으로 이해했다면, 최근의 문화연구는 탈중심주의적 관점에서 하위문화를 이해하려는 경향을 보인다.

17) ‘예술-음악과 대중-음악’이라는 ‘구별짓기’는 두 문화 사이에 교묘히 작동하는 정치적 장치이다. 현대철학자 부르디외가 제시한 ‘구별짓기’라는 개념은 구별하고 구별되는 대상들 사이의 은밀한 권력 관계를 폭로한다. 이러한 구별짓기는 일상적인 직관으로 파악하기 어려운 다양한 층위와 맥락에서 이루어진다.

18) “그렇지만 음렬주의 음악은 조성 음악과 매우 다르게 들렸다. 청자들은 익숙했던 음악 지표들이 많이 사라졌음을 발견했다. 그리고 새로운 음악이 옛 음악과 다르게 들릴수록 이를 듣는 사람의 수는 점점 줄어들었다. 반면 음악을 들은 사람들은 이에 몹시 애착을 가졌다. 현대 음악의 청중들이 주류의 클래식 레퍼토리를 듣는 청중들로부터 점차 분리됨에 따라 현대 음악은 계도화되었다.”, Nicholas Cook, 『Music: A Very Short Introduction』, (Oxford University Press, 1998) p.60

국내에서 컴퓨터음악이 오랜 시간 대학이라는 공인된 장에서 주류예술의 한 실험적인 분과로서 연구되고 교육된 것과 달리, 전자음악이 진지한 학문으로 받아들여져 학제에 편입되기 시작한 것은 상대적으로 최근이다.

단, 여기서 ‘주류예술’이라는 표현은 그것의 대중적인 인기와 관심의 정도와는 별개로, 아카데믹한 장에서 비교적 활발히 논의되고 연구되는 예술을 말한다는 것을 일러둔다. 엄밀히 말하면 그것의 기술적 토대와 문화적 배경이 예술-예술로 연구되고 소비되는 예술 개념을 말하는 것이다. 따라서 이 맥락에서 ‘주류문화’에 속하는 대중-음악은 주류예술이 아닌 비주류 예술이다. 대중-음악은 비주류 문화가 주류 예술에 비교적 최근 편입된 사례에 속한다.

교육의 장에서 실천되는 전자음악은 그것의 하위 장르 중 극히 일부를 강조함으로써 그것에 대표성을 부여하는 효과를 불러일으켰다. 이는 전자음악의 일부가 전자음악을 과잉대표하게 됨으로써 다종다양한 전자음악에 대한 대중적인 인식을 왜곡¹⁹⁾하는데 일조하는 결과를 가져왔다고 평가할 수 있을 것이다.

19) 일례로 ‘EDM은 전자음악이다’라는 명제는 참이지만 ‘전자음악은 EDM이다’라는 명제는 참이 아니다. 그러나 많은 경우에 모든 전자음악이 EDM에 포함된다고 여기는 오류가 흔히 발생한다. 다만, ‘그래서 전자음악은 EDM이 아닌가?’는 동일한 논리적 오류(범주를 잘못 인식한 오류)를 포함한다. 전자음악은 EDM이기도 그렇지 않기도 하다. 혹자가 EDM이라고 인식하는 음악적 형태를 가지고 있음에도 EDM이라고 호명되기를 거부하는 전자음악도 있다.

2. 연구목적

본 연구는 컴퓨터음악이라는 제도적 토대를 기반으로 설계되었고, 주변부에 위치한 전자음악의 하위 장르를 조명하여 더욱 많은 ‘중심들’이 컴퓨터음악 생태계의 다양성을 확보하도록 하는 데 궁극적인 목적이 있다. 엄밀히 말하면, 이는 주변문화를 중심문화에 포섭하려는 제국주의²⁰⁾적 시도가 아니라 오히려 다양한 주변문화를 개별적 중심에 위치시키고자 하는 포스트휴머니즘²¹⁾적 시도이다.

본 연구는 기존 연구들의 성취에 많은 빛을 지고 그 연장선에 있다. 지금까지의 성취를 습득하는데 머무르지 않고 그것의 적용 범위를 확장하고 미지의 영역을 탐색하는 것이 본 연구의 과제일

20) 제국주의(imperialism)는 이성주의와 합리주의, 휴머니즘에 입각하여 근대적인 선형적 진보관과 시간개념을 근간으로 발전했다. 제국주의는 (시간적으로) 뒤쳐진 문화를 계몽하고 근대적으로 문명화한다는 명목으로 정당성을 확보하고자 노력했다. 그러나 제국주의는 침략이라는 수단을 통해 영토를 확장한다는 측면에서 팽창주의나 식민주의와 결을 같이 한다. 그러나 제국주의가 반드시 실질적 영토 확장과 지배를 동반하는 것은 아니다. 오히려 다른 국가나 민족에 대하여 정치적·경제적 통제력을 획득하는 것이 주된 특징이다. 과거의 영토 확장에 의한 식민주의적 제국주의는 오늘날 비판의 대상이며, 표면적으로는 과오로서 청산 작업을 거치고 있는 것으로 보인다. 그러나 오늘날 정치적·문화적 신제국주의는 더욱 교묘하게 그 실체를 드러내지 않고 작동하고 있다.

21) 포스트휴머니즘(posthumanism)은 쉽게 휴머니즘의 연장이자 변형으로 오해받는 경우가 많다. 오히려 그 반대인데, 포스트휴머니즘은 휴머니즘의 근간이 되는 인간중심주의의 모순을 비판하는 반-휴머니즘 사상이다. 포스트휴머니즘은 (서유럽 백인 남성)인간으로 대표되는 단일하고 우월한 기준을 초월하여 인간과 비-인간 존재들의 경계를 탐색하고 그 관계를 재설정함으로써 서로 연결하고 교차하는 네트워크를 생성하는 것을 말한다. 포스트휴머니즘은 인간과 비인간의 관계 속에서 인간의 본질을 재정의하고 상호작용의 과정에서 형성되는 네트워크의 교차점을 다수의 중심점으로 위치시킨다. 이러한 측면에서 포스트휴머니즘은 트랜스휴머니즘과 구분된다.

것이다. 본 논문은 컴퓨터음악적 관점에서 본 연구를 위해 작곡된 음악을 위한 효과적 시각화의 방법을 제안하고자 한다. 제 3지대의 음악을 중심에 놓기 위하여 그 음악들에서 사용되는 기술적 기반과 음악적 문법을 컴퓨터음악적으로 재현하는 것이 연구의 주된 목적이다. 따라서 본 연구에서는 샘플링(sampling)²²⁾, comb filter²³⁾, wavefolding²⁴⁾, granular synthesis²⁵⁾ 등의 사운드 디자인 기법을 사용하고, 음원에서 특정 데이터를 추출하여 영상과 동기화하는 시스템을 구축할 것이다.

특히 보다 정밀한 데이터 추출을 위하여 본 연구에서는 FFT²⁶⁾ 분석 알고리즘이 사용되었다. FFT 분석은 시간 영역(time domain)에 있는 정보를 진동수 영역(frequency domain)의 정보로 변환하여 분석하는 것이다. 이때 FFT 데이터는 jitter를 통해 2차원의 이미지 데이터로 변환하여 마치 이미지 프로세싱을 하는 것처럼 사용할 수 있게 된다. 위와 같은 기술적 기반을 토대로 효과적인 음악과 영상을 동기화하는 시스템을 구축하는 것이 본 연구의 목적이다.

22) 음원의 일부를 재사용하는 것.

23) 본래의 시그널에 딜레이 된 시그널을 더해 특정 주파수 구간에서의 음압 변화를 이끌어내는 오디오 프로세싱의 한 방법.

24) 인풋 시그널의 앰플리튜드가 threshold를 초과할 때, 피크가 folds되는 디스토션 현상.

25) 인풋 시그널을 매우 작은 시간의 단위로 쪼갬 뒤 재조합하는 소리 합성 방식.

26) Fast Fourier Transform

II. 기술 연구

1. 사운드디자인

1) 샘플링(sampling)기법을 활용한 사운드 프로세싱

일반적으로 샘플링은 기존 음원의 일부를 창의적으로 재사용하는 사운드 프로세싱 기법을 말한다. 1940년대 구체음악(musique concrete)²⁷⁾에서 최초로 오늘날의 샘플링과 유사한 작곡기법이 사용되었으며, 이후 샘플러(sampler)²⁸⁾기능을 탑재한 신시사이저가 개발되었다. 드럼머신(drum machine)²⁹⁾과 샘플러의 보급은 1970년대 이후 형성된 힙합(hip hop)³⁰⁾문화의 성장에 직접적인 동력이 된

27) 구체음악은 일렉트로 어쿠스틱 음악의 한 장르로서, 테이프 뮤직(tape music)이라고도 불린다. 1948년 파리 방송국의 기사였던 피에르 셰페르(Pierre Schaeffer)가 시도하고 이름 붙인 장르이다. 자연음이나 음악 소리 등을 녹음하여 녹음된 음원을 인위적으로 조작하여 변조하는 방식으로 음악을 작곡했다.

28) 샘플러는 표본화된 소리를 임의적으로 재생하고 출력하기 위해 고안된 장치이다. 초기의 샘플러 장치 중 하나인 1979년 공개된 Fairlight CMI는 음성 합성 장치(synthesizer)의 특성이 더 두드러졌고 그 크기와 무게, 가격 때문에 접근성이 매우 떨어졌다. 이후 E-mu사의 Emulator(1981) 상품화되고 1981년 초기 디지털 샘플러 중 하나인 LMD-649가 일본의 전자음악밴드 옐로우 매직 오케스트라(Yellow Magic Orchestra)의 음악 작업에 사용되었다. 디지털 샘플러에 사용되던 메모리 칩은 매우 비쌌을 뿐만 아니라 저장 용량이 작아 오늘날의 샘플링 기술이 제공하는 것 같은 원음에 가까운 데이터를 저장하거나 재현할 수는 없었다. 컴퓨터 기술의 발전으로 90년대 이후 Akai사의 MPC 2000(1997)같은 샘플링 시퀀서가 널리 보급되면서 샘플러는 현대 주요 사운드 프로세싱 기법 중 하나로 자리 잡았다.

29) 드럼머신(drum machine)은 퍼커션(percussion), 드럼 비트 등의 소리를 만드는 데 사용되는 전자악기이다. 드럼머신은 내장 신시사이저를 이용하거나, 미리 녹음된 샘플(sample)을 재생하는 방식으로 소리를 만든다. 1980년대 개발된 롤랜드(Roland)사의 TR-808, TR-909 등이 대표적이다.

30) 힙합은 젊은 흑인과 히스패닉을 주축으로 1970년대 후반 미국의 뉴욕 브롱스(Bronx)

것으로 평가되고 있다.

샘플링은 오늘날에도 전자음악에서 활발히 사용되고 있는 기법이다. 샘플링은 어떤 샘플을 어떻게 사용하느냐에 따라 고유하고 독특한 소리적 특성을 만들어낼 수 있다는 특징이 있다. 본 연구에서는 비-관습적(unconventional)인 방식³¹⁾의 샘플링 기법을 연구하였다.

아날로그 오디오 신호는 고유의 파동을 갖는다. 파동은 미시적인 입자들의 진동 현상이고, 각각의 파동은 주파수(frequency), 파장(wavelength)이라는 주요 속성을 가지며 진폭(amplitude)에 따라 그 에너지의 양을 가늠할 수 있다. 녹음기는 공기 중 입자의 파동 변화를 포착하여 이를 파형으로 기록한다. [그림-2]

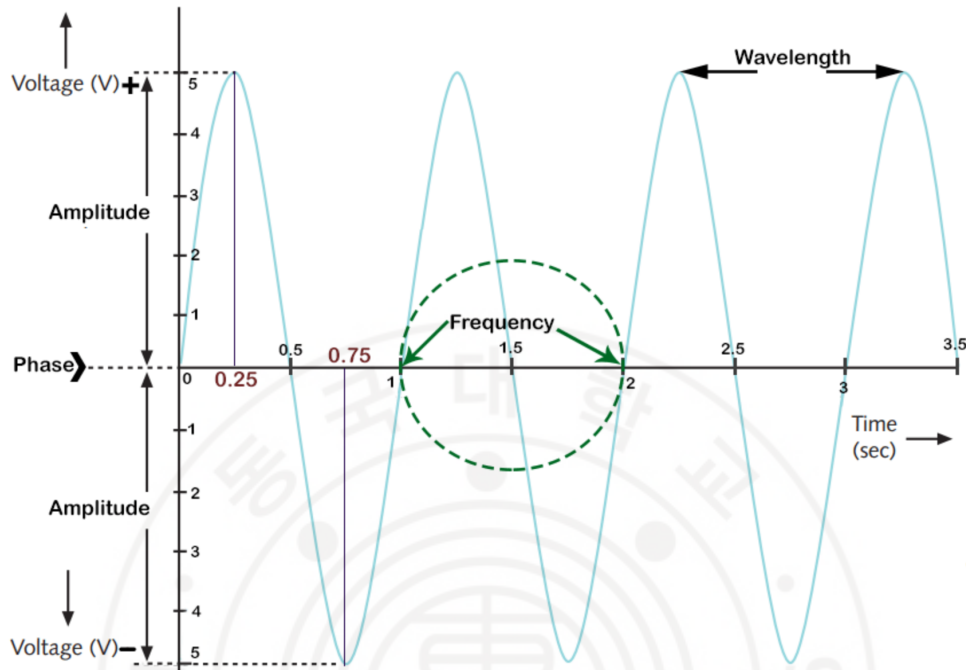
주파수는 진동수라고도 하며 초당 한 점을 통과하는 파동의 수를 나타낸다. 주파수의 단위는 Hz이다. 즉, 1초에 220번 진동하는 파동의 주파수는 220Hz이다. 파장은 파동 내에서 같은 위상의 마루³²⁾와 마루 사이 또는 골과 골 사이의 거리를 말한다.

의 빈민가에서 시작된 것으로 알려져 있다. 브레이크댄싱, 디제잉, 랩, 그래피티 등은 힙합 문화의 중심 요소이다.

31) 일반적으로 샘플링 기법은 음원의 한 구간을 잘라 사용하는 것을 말한다. 그러나 본 연구에서는 사용된 샘플의 원본을 전혀 짐작하지 못할 정도로 파괴한 뒤 재건하는 작업을 하는 것을 목표로 한다.

32) 마루는 한 주기에서 양(positive)의 방향으로 가장 큰 변위가 일어난 지점을 말하며 crest라고도 한다.

33) 골은 한 주기 안에서 음(negative)의 방향으로 가장 큰 변위가 일어난 지점을 말하며 trough라고 한다.

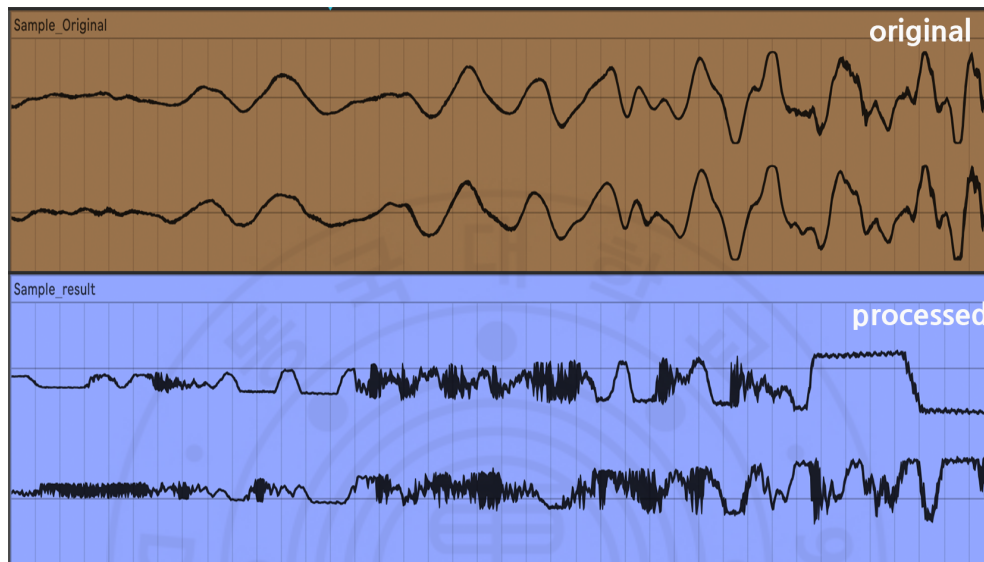


[그림-2] 아날로그 신호의 특성과 요소³³⁾

음원을 이용한 사운드프로세싱은 다음과 같은 신호의 몇 가지 성질을 활용하여 창의적으로 적용할 수 있다. 먼저, 신호의 주파수는 파동이 1초 동안 몇 번의 진동 주기를 갖는지에 따라 결정되는데 진동 주기가 짧고 잦을수록 고음역대의 소리로, 길고 드물면 저음역대의 소리로 인식된다. 이 성질을 이용하면 오디오 파형의

33)Computer Networking Notes, <How Analog and Digital signals Work> (https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.computernetworkingnotes.com%2Fnetworking-tutorials%2Fhow-analog-and-digital-signals-work.html&psig=AOvVaw2lu8gw-_amv9SiyA8ROWEa&ust=1670596483492000&source=images&cd=vfe&ved=0CBEQjhxqFwoTCLDmzIGf6vsCFQAAAAAdAAAAABAE)

특정 부분의 진동 주기를 늘이거나 줄이는 등 임의적으로 변조하여 다양한 효과를 얻을 수 있다.



[그림-3] 샘플링한 음원을 조작하여 만든 오디오 파형

[그림-3]에서 original 파형은 소형 녹음기 Zoom H6³⁴⁾로 포집한 소리를 샘플링한 사례이다. 위 파형은 지하철 통로에 설치된 환기 팬이 규칙적으로 작동하는 소리를 녹음한 것의 일부를 편집한 것이다.

Ableton³⁵⁾의 DAW³⁶⁾인 Live³⁷⁾에서 제공하는 악기인 Sampler³⁸⁾에

34) 소형 보이스레코더, 핸디레코더로 본 연구에서는 필드레코딩을 위해 사용했다.

35) Ableton은 1999년 독일에서 설립된 음악 소프트웨어 회사이다.

36) DAW(digital audio workstation)는 오디오 녹음과 편집, 재상을 지원하는 소프트웨어를 말한다.

37) Live는 독일의 음악 소프트웨어 회사 Ableton이 개발한 디지털 오디오 워크스테이션(DAW)이다.

해당 샘플을 업로드하고 음원에 존재하지 않았던 앰프 엔벨로프³⁹⁾를 구현해주었다. 이후 명확한 앰프 엔벨로프를 구현한 소리를 재녹음하여 파형 단위에서 조작을 가했다.(processed, [그림-3] 하단) 특정 구간의 진동 주기를 빠르게 하고 싶은 경우, 해당 구간을 잘라내어 음정을 높이면 상술한 신호의 원리에 따라 진동 주기가 짧아진다. <표-1>

<표-1> original 음원의 오디오 프로세싱 과정

original	processed
소형 레코더를 통한 음원 샘플링	-Ableton Live의 악기 Sampler를 통한 앰프 엔벨로프 구현 -음원 길이 조작을 통한 pitch 변조

또 다른 원리로는 동시에 진동하고 있는 신호들이 서로 간섭하는 성질이 있다는 것이다. 신호 간섭이 발생하면 그 빈도나 방향, 속도, 간섭 중인 신호의 파형에 따라 여러 음향적 효과를 만들어 낸다. 이 성질을 활용해 서로 다른 여러 신호들 사이에 임의적 간

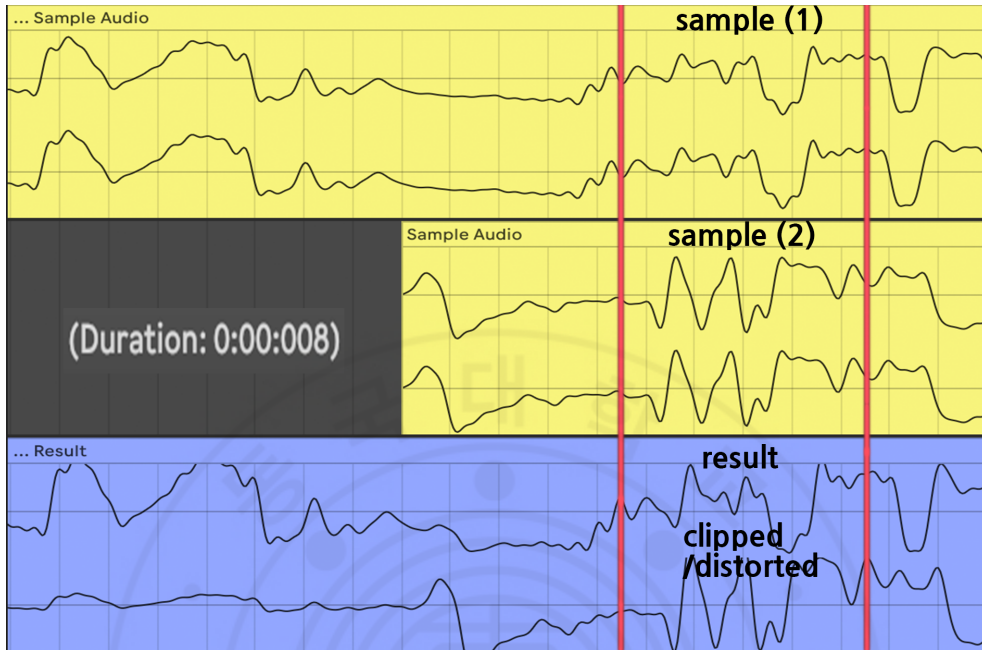
38) Sampler는 Ableton Live에서 제공하는 멀티 샘플링 악기이다. 소리를 단순 재생하는 것 뿐만 아니라 내부 모듈러 시스템을 통해 다양한 수준에서 복잡한 프로세스를 수행할 수 있다.

39) 앰프 엔벨로프(amplitude envelope)는 시간의 진행에 따른 소리의 진폭 변화를 말한다. 앰프 엔벨로프는 소리 발생과 소멸 단계에 따라 그래프로 나타낼 수 있다. 크게 어택(Attack), 디케이(Decay), 서스테인(Sustain), 릴리즈(Release)로 각 단계를 구분지을 수 있으며 각 단계의 앞 글자를 따 ADSR이라 부른다. 앰프 엔벨로프는 음색(timbre)의 인지에도 영향을 주는 요소로 작동한다.

섭을 일으켜 다양한 청각적 효과를 만들어 낼 수 있다.

[그림-4]의 sample(1)은 [그림-3]의 경우와 마찬가지로 소형 레코더로 포집한 오디오 샘플이다. [그림-4]와 같은 파형을 구현하기 위해서는 다음과 같은 복합적인 샘플링 과정이 필요했다. 음압 레벨이 급격히 감소되거나 커지는 구간을 만들기 위해 sample(1)을 복제하여 sample(2)를 만들었다. 이후 약간의 시차와 위상차를 두고 sample(1)과 sample(2)사이에서 서로 간섭이 일어나도록 하였다. 이 과정을 거치고 나면 [그림-4]의 하단 result파형과 같이 clipped되고 distorted된 음원을 만들 수 있다. 이런 현상을 위상 간섭(phase interference)이라 부른다.

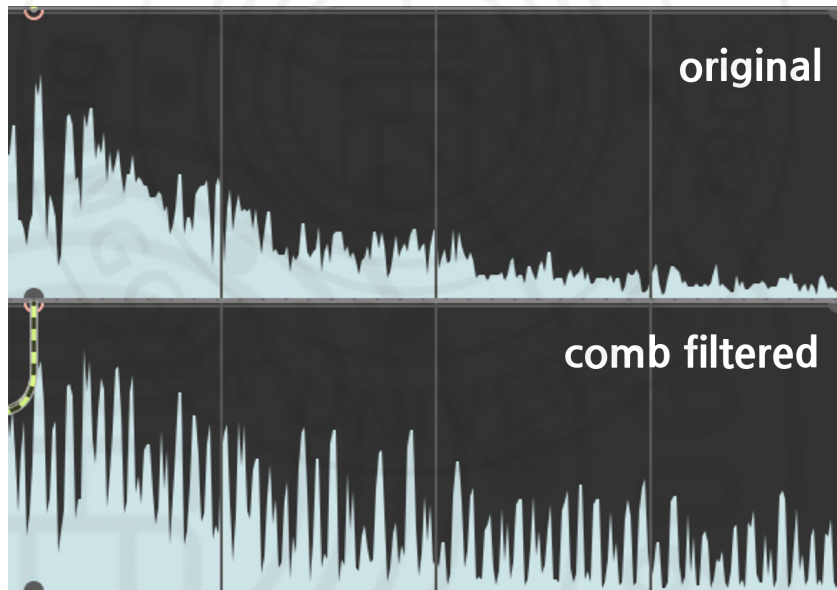
간섭하는 서로 다른 두 신호가 같은 극성의 경향을 보일 때, 이를 in-phase라고 한다. in-phase 상태에 있을 경우, 두 신호가 합쳐지며 더욱 증폭되는 양상을 보인다. 간섭하는 두 신호의 극이 반대인 경우를 out-of-phase라 하는데, 이러한 조건에서는 두 신호가 상쇄되어 오히려 감소하는 경향을 보인다. 극단적인 경우, 한 소리와 그 소리의 극성만 뒤집은 다른 소리를 동시에 재생한다면, 두 소리는 상쇄되어 아무 소리도 들리지 않게 될 것이다.



[그림-4] phase interference를 활용한 오디오 파형 조작

2) Comb Filter

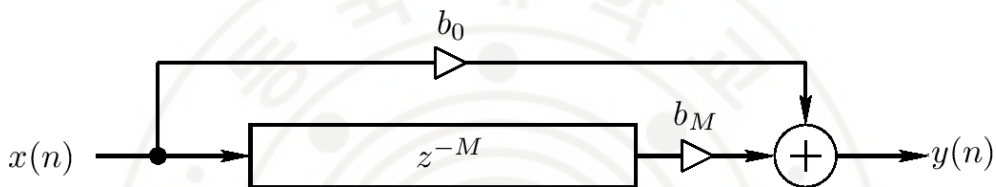
comb filter는 신호에 의도적 왜곡(distortion)을 가하기 위한 신호 처리 기법으로 사용된다. comb filter는 어떤 시그널에 delay된 시그널을 더함으로써 constructive하거나 destructive한 시그널 간섭(interference)을 일으키는 것을 말한다. 따라서 특정 주파수에서의 음압 레벨이 크게 감소하거나, 오히려 음압 레벨이 증가하는 현상이 관측된다. [그림-5] comb filter 사운드 프로세싱을 활용하면 금속성의 공격적인 음색을 얻을 수 있다. 이러한 공격적인 음색은 오늘날의 전자음악, 특히 leftfield bass⁴⁰⁾에서 자주 발견된다.



[그림-5] comb filter 적용 전후비교

40) 실험적이고 전위적인 성격을 가진 전자음악. 보통 공격적인 사운드로 다른 전자음악과 구분되나, 그 실험적인 특성으로 인해 장르화하기 어렵다. 본고의 III. 연구 기술의 작품 적용 장에서 1. 작품 소개 부분 참고.

[그림-5]는 오디오 소스에 comb filter를 적용한 뒤의 변화를 시각적으로 보여주는 자료이다. 위의 이미지는 아무것도 적용하지 않은 오디오이고, 아래의 이미지는 comb filter를 거친 후의 오디오이다. 빗이라는 뜻의 comb이라는 이름이 붙은 이유를 쉽게 짐작할 수 있다.



[그림-6] feedforward comb filter 도식⁴¹⁾

[그림-6]은 feedforward comb filter의 작동 원리를 도식화했다. comb filter는 기본적으로 delay 효과⁴²⁾와 같은 원리로 작동한다.

다만, 원래의 소리와 delay 되어 feed 된 소리의 차이가 1ms에서 25ms사이 정도로 매우 짧기 때문에 두 소리가 별개의 것이 아닌 하나로 인식되어 각각의 소리의 시차를 인지⁴³⁾할 수 있는 delay 효과와는 구분된다.

41) CCRMA (https://ccrma.stanford.edu/~jos/pasp/Comb_Filters.html)

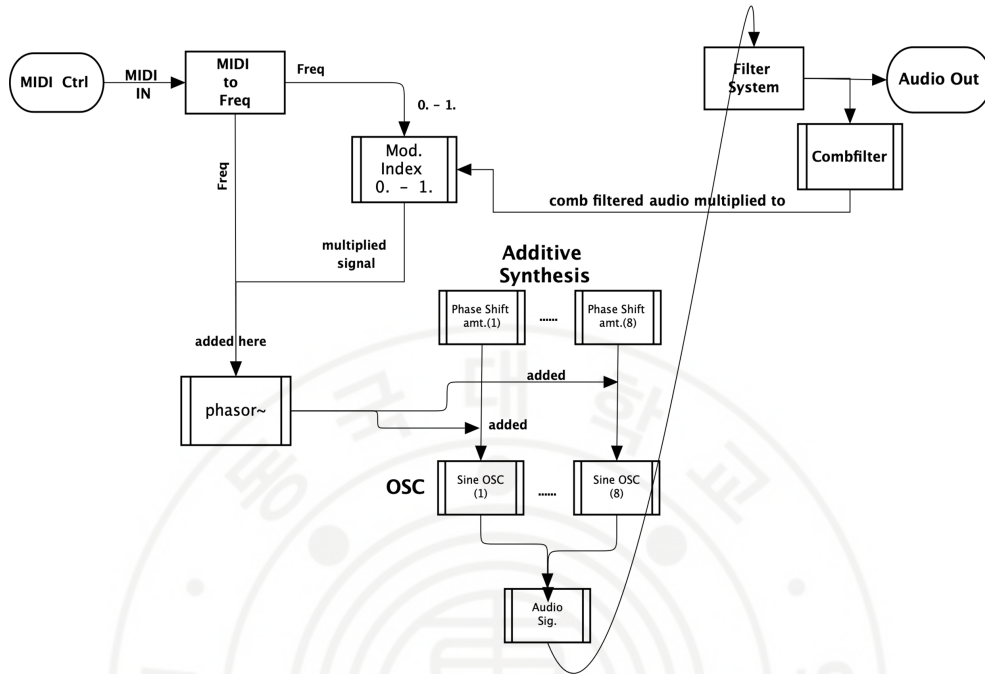
42) delay는 오디오 시그널 프로세싱 기법의 일종으로, 입력 시그널을 잠시 저장했다가 일정 시간 후에 재생하는 것을 말한다.

43) 직접음과 반사음 또는 두 소리의 도달시간 차이가 30-50ms 이상이면 두 소리는 분리되어 지각된다.

상술한 바와 같이, 촘촘한 빛과 같은 형태의 주파수 응답을 보이며, [그림-5]에서 확인할 수 있듯, 비교적 고음역이 강조되는 양상을 보인다. 따라서 보다 금속성의 공격적이고 날카로운 음색을 내기에 적절하다.

본 연구에서는 자체적으로 comb filter 효과를 구현할 수 있는 Max for Live⁴⁴⁾ 신시사이저 디바이스 myCombSynth를 개발하였다. Max는 Cycling'74에서 개발한 멀티미디어 작품 창작을 위한 소프트웨어이며, 처리하는 데이터의 종류에 따라 Max/MSP 그리고 Jitter로 나뉜다. Max는 데이터 연산 및 처리, 프로그래밍을 하는데 사용되고, MSP는 오디오 시그널 프로세싱을 하는데 사용된다. 마지막으로 Jitter는 실시간 그래픽 데이터를 처리한다.

44) Max for Live(M4L)는 Cycling74와 Ableton이 개발한 프로그래밍 개발 환경이다. Max/MSP, Jitter에서 개발한 프로그램을 Ableton의 DAW인 Live에서 바로 사용할 수 있도록 고안되었다.



[그림-7] myCombSynth data flowchart

myCombSynth는 내장된 오실레이터⁴⁵⁾를 통해 소리를 발생시켜 신시사이저에서 발생한 소리와 comb filter를 거쳐 변조된 소리를 적절히 섞어 사용할 수 있도록 comb filter로 feed되는 양을 조절할 수 있는 노브를 마련하였다. [그림-7] 또한 자체 앰프 엔벨로프를 가지고 있어, 짧은 퍼커션 사운드부터 긴 드론(drone)⁴⁶⁾ 사운드를

45) 오실레이터(발진기, oscillator)는 특정 파형을 갖는 신호를 생성하는 장치이다. 신시사이저의 오디오 신호는 오실레이터에 의해 생성된다. 오실레이터 조작을 통해 다양한 형태의 파형과 배음의 양을 가진 신호를 만들어 낼 수 있다. osc라고 줄여 부르는 경우도 있다.

46) 음악의 맥락에서 드론(drone)은 작품의 처음부터 끝까지 지속적으로 연주 혹은 재생되는 소리를 말한다. 보통 조성이 명료하지 않은 atmospheric한 소리를 지칭하는데, 악

에 이르기까지 폭 넓은 활용이 가능하다.

[그림-8]은 myCombSynth의 유저 인터페이스이다.



[그림-8] myCombSynth UI

myCombSynth는 8개의 오실레이터를 가지고 있으며, 상술한 phase의 원리를 이용한 자체 distortion(saturation)이 가능하다. 또한 filtercoeff~47) 오브젝트와 biquad~48) 오브젝트를 사용하여 필터49) 타입을 선택할 수 있다. comb filter를 통해 만들어진

기 소리나 인성(vocal) 또한 드론의 맥락으로 사용될 수 있다.

47) filtercoeff~오브젝트는 biquad~ 오브젝트와 함께 사용되는 시그널 레이트(signal rate)의 필터 계수 계산을 도와주는 오브젝트이다. 주파수(frequency), 진폭(amplitude), 그리고 레조넌스(Q) 또는 슬로프(S) 값을 토대로 필터 계수를 계산한다.

48) biquad~ 오브젝트는 two-pole, two-zero 필터 기능을 수행한다.

49) 신호처리에서 필터(filter)는 처리 대상인 신호의 원하지 않는 부분을 제거하거나 감쇄하는 장치를 말한다. 일반적으로 임의의 구간(band)를 설정하여 해당 대역을 처리한다. 필터의 종류는 크게 저음역은 통과시키고 고음역을 감쇄하는 low-pass filter(LPF), 고음역은 통과시키고 저음역을 감쇄하는 high-pass filter(HPF), 특정 대역 사이의 신호

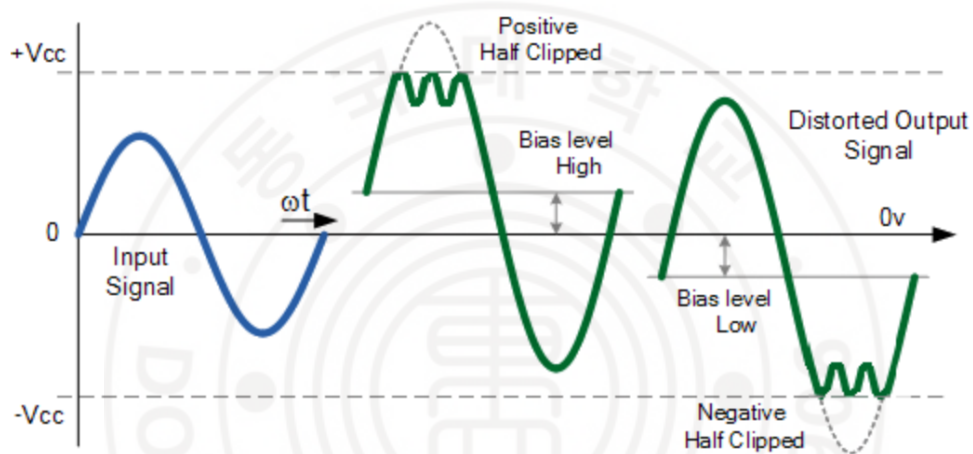
소리는 최종적으로 앰프 엔벨로프를 설정하는 체인과 post filter를 통과하여 출력된다. 이때, post filter의 필터 타입은 드롭다운 메뉴를 지원하는 오브젝트 live.menu를 통해 선택할 수 있다. 필터 타입을 결정하는 biquad~오브젝트는 low-pass, high-pass, band-pass, band-stop, low-shelf, high-shelf 등의 다양한 필터 옵션을 지원한다. 특히 post filter의 Q값(resonance)⁵⁰⁾을 극단적으로 설정하였을 때 발생하는 소리는 comb filter 효과와 함께 사용하였을 때 보다 강한 인상을 남길 수 있다. [그림-8]

만 통과시키는 band-pass filter(BPF), 특정 대역 사이의 신호만 감쇄하고 해당 대역 이외의 신호만 통과시키는 band-reject filter(BRF), 좁은 구간의 신호를 감쇄하는 notch filter로 나뉜다. 필터의 기울기에 따라서 감쇄하는 정도가 결정된다.

50) 필터의 Q값은 Q-factor를 의미한다. Resonant filter에서 사용되며, 필터의 cutoff frequency의 레벨을 지정한다. 여기서 cutoff frequency란 필터가 작동하는 기준점을 말한다.

3) Wavefolding

wavefolding은 wavefolding distortion이라고도 하며, 그 명칭이 시사하듯 신호의 왜곡(distortion)을 발생시키는 신호처리 기법이다.



[그림-9] folded sine wave⁵¹⁾

[그림-9]는 아날로그 오디오에서 입력되는 신호(input signal)의 앰프값이 임의의 threshold⁵²⁾를 넘을 때, threshold를 초과한 구간에

51) <Simple Synthesis : Part 8, Wavefolding>, Keith McMillen, 2015

52) 임의의 역치, 기준점. threshold는 일반적으로 컴프레션 이펙트(compression effect)를 설명할 때 자주 언급되는 개념이다. threshold는 컴프레서가 유효하게 작동하는 임의의 레벨을 말한다. 이를 확장하면 threshold는 특정 이펙트가 유효하게 작동하는 음압 레벨을 말하는 것이라 할 수 있다. 예를 들어, 컴프레서의 경우 threshold 레벨이 -10dB로 설정되어 있으면 -10dB를 초과하는 레벨은 컴프레션 이펙트에 의해 threshold 레벨 미만으로 감쇄된다. 본 연구에서는 오디오 신호를 0-1 사이의 실수로 변환하여 사용한다.

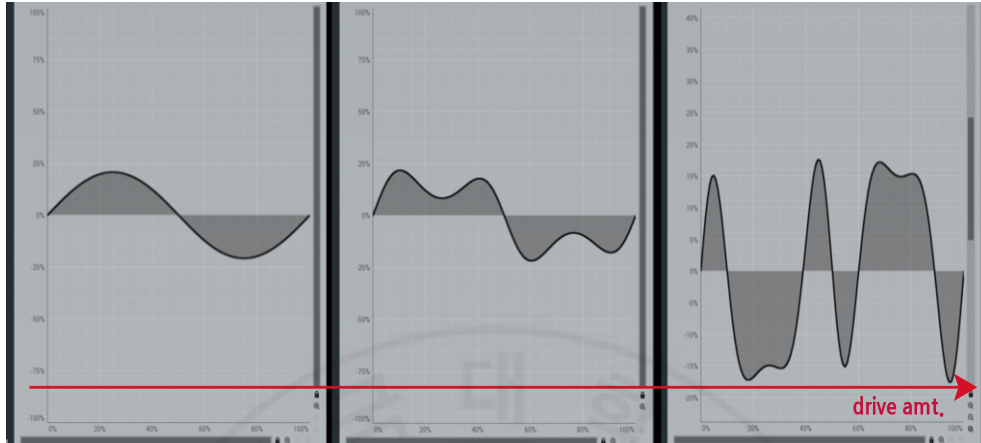
위치했던 파형은 찌그러진 상태로 출력(distorted output signal)되는 것을 보여준다.

디지털 오디오에서도 디지털 오디오 클리핑(digital audio clipping)⁵³⁾이라 부르는 유사한 현상이 발생하는데, 디지털 오디오 클리핑의 경우에는 threshold를 초과한 오디오 신호가 손실된 상태로 출력된다. 아날로그 오디오의 경우 디지털 오디오였다면 출력 불가능 상태인 음원의 극(polarity)이 일련의 작은 주름들(folds)로 folds된다.

디지털 오디오에서도 이러한 현상을 이용하면 사인파⁵⁴⁾와 같은 단순 파형을 가지고도 복잡하고 풍성한 소리를 만들어 낼 수 있다. 이 현상은 전체 파형 중에서도 오직 threshold를 넘은 곳에 위치한 파형에만 소리 변화를 유도하기 때문에 파형 전체를 변조하는 기법과는 다른 효과를 기대할 수 있다.

53) 클리핑은 증폭기(amplifier)가 과방진(overdriven)된 상태에서 출력 가능한 최대치를 초과하는 전압을 출력하려 할 때 발생하는 파형 왜곡(waveform distortion)의 일종이다. 주파수 영역(frequency domain)에서 클리핑은 높은 주파수 대역에서 강한 배음을 생성하는 경향이 있는데, 이는 클리핑 된 오디오 파형이 사각파(squarewave)에 가까운 형태를 보이기 때문이다. 오디오 클리핑은 아날로그와 디지털 도메인 모두에서 일어나는 현상이다. 그러나 기존의 디지털 오디오는 아날로그 오디오와 달리 초과 영역의 신호가 완전히 손실되는 문제가 있었다. 이를 해결하기 위해 오늘날의 DAW는 손실된 샘플 구간을 임의의 값으로 연결하여 최대한 파형의 경향을 유지할 수 있도록 처리한다.

54) 사인파(sine wave, sinusoid)는 주기적(periodic), 연속적(continuous)으로 진동하는 가장 단순한 파동이다. 사인함수로 표현되며, 푸리에 정리는 주기적 물리현상들을 다수의 사인파로 분해할 수 있다는 이론이다.

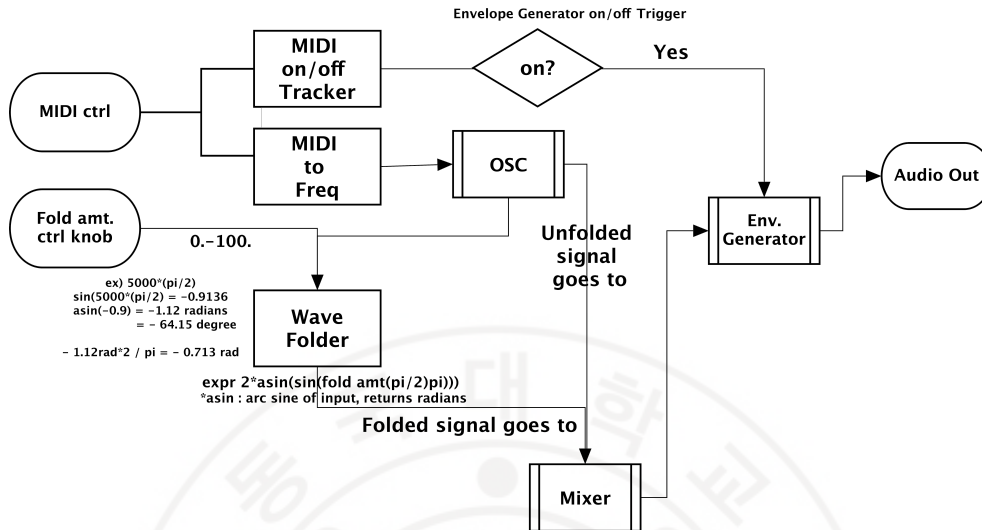


[그림-10] sine wave에 wavefolding을 적용하는 모습

[그림-10]은 빨간 선으로 표시된 드라이브(drive)⁵⁵⁾의 양을 늘릴 때 wavefold 되는 정도의 변화를 보여준다. 이는 사용자가 임의적으로 음원의 레벨을 키워 fold⁵⁶⁾되는 양을 늘리게 하는 것으로 해석할 수 있다. 본 연구에서는 fold되는 양을 조절할 뿐만 아니라 외부 신시사이저에 의존하지 않고 자체적으로 소리를 발생시키는 wavefolder 악기를 개발했다. Max for Live 디바이스로 개발된 이 악기는 앰프 엔벨로프 조절이 가능하도록 디자인되었다. [그림-11]

55) 드라이브(또는 인풋)은 일반적으로 증폭기(amplifier)에 입력되는 신호 레벨을 조정하는데 사용된다.

56) fold는 주름, 접다 등의 의미를 가진 단어이다.



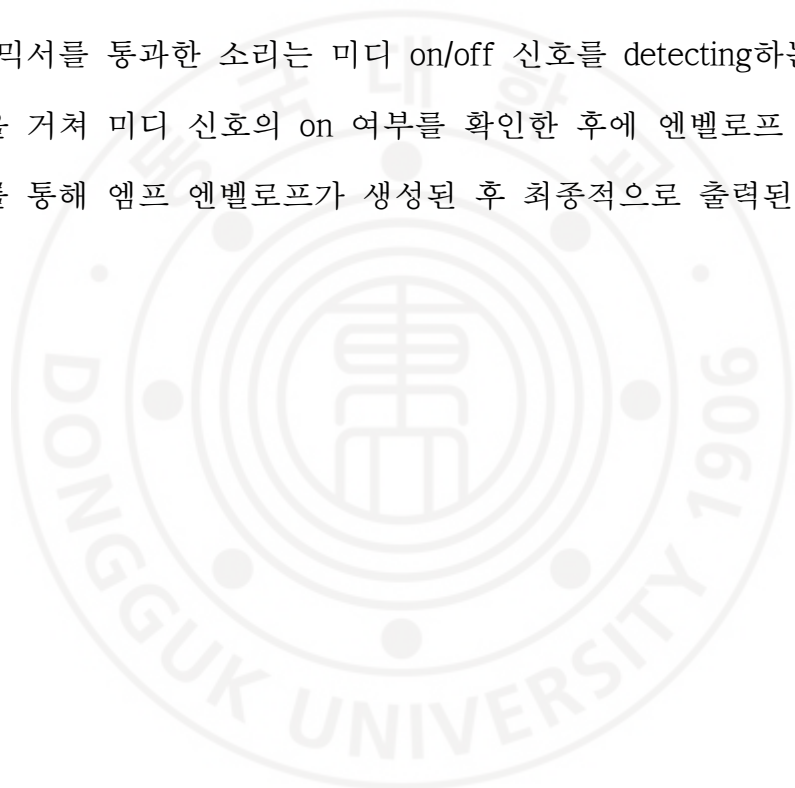
[그림-11] WaveFolderSynth data flow

MIDI 컨트롤을 통해 입력된 미디 신호는 주파수로 변환되어 오실레이터에 입력된다. 오실레이터에서 출력된 시그널은 [그림-11]에서 Wave Folder로 표시된 내부 패치에서 연산된다. 이때 사용된 내부 패치는 gen~을 통해 연산되었다. 내부 패치에서 wave folder를 연산할 때 folds되는 양은 Fold amt. 컨트롤 노브를 통해 컨트롤 된다.

gen~⁵⁷⁾ 오브젝트는 내부 패치를 통해 자유로운 연산을 가능하게 해준다. [그림-11]에서 Wave Folder로 표시된 블록의 과정을 gen~이 수행한다. gen~ 내부 패치에서 사용된 expr 오브젝트는

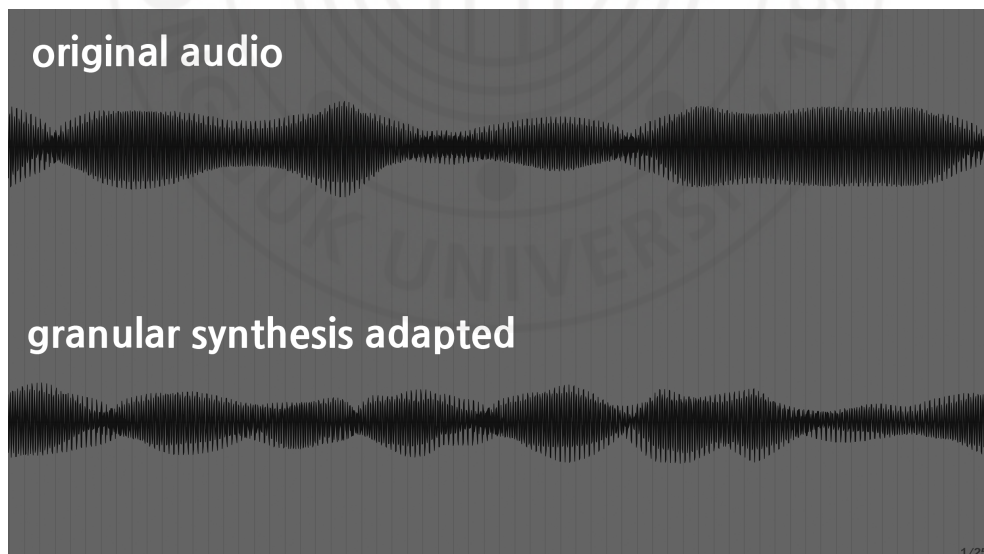
57) gen~ 오브젝트는 MSP 오브젝트로 오디오 시그널 프로세싱을 가능하게 하는 로우레벨 오퍼레이터 오브젝트이다.

수학적 연산을 지원한다. `expr`에서 사용한 `asin` 함수는 인풋의 특정 사인 값을 생성하고, 라디안(radian)값을 리턴(return)한다. 이 수식은 특정 각도만큼의 왜곡(distortion)을 발생시키는데, fold되는 양은 지정된 노브(knob)를 통해 결정할 수 있다. fold 된 파형 데이터는 믹서(mixer)로 보내져 오실레이터에서 발생한 소리와 섞인다. 이후 믹서를 통과한 소리는 미디 on/off 신호를 detecting하는 알고리즘을 거쳐 미디 신호의 on 여부를 확인한 후에 엔벨로프 제너레이터를 통해 앰프 엔벨로프가 생성된 후 최종적으로 출력된다.



4) Granular Synthesis

granular synthesis는 인풋(input)되는 사운드를 매우 작은 시간의 단위로 쪼개어 재조합하는 소리합성 방식이다. granular라는 이름은 매우 작게 쪼갠 소리들의 형태가 곡물의 낱알(grain)처럼 생겼다고 하여 붙여졌다. granular synthesis는 광범위한 샘플링 기법 중 하나로 여겨질 수 있으나, 본 연구에서는 독특한 소리합성 방법의 하나로 다룬다는 점을 일러둔다. [그림-12]와 같이 original audio에 granular synthesis를 적용하면 보다 작은 단위로 오디오 샘플이 쪼개져 재조합되어 새로운 파형을 만들어 내는 것을 알 수 있다.



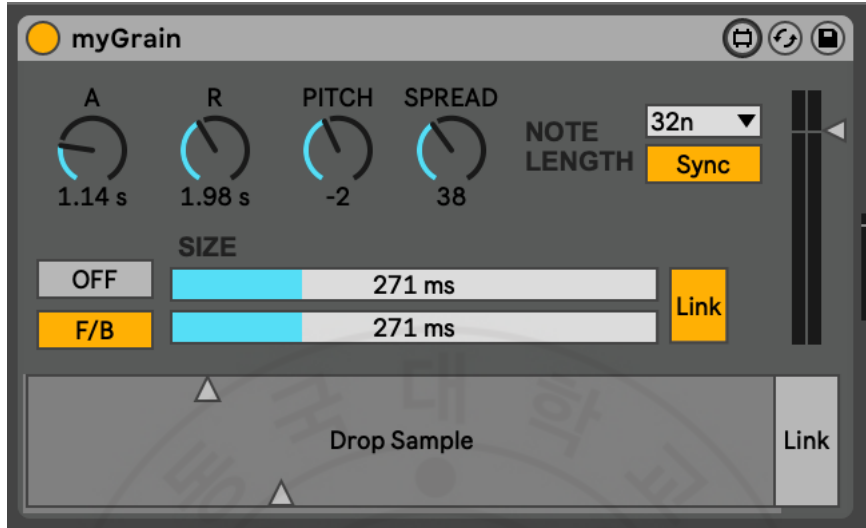
[그림-12] granular synthesis 적용 전후

일반적으로 granular synthesis를 Max/MSP 환경에서 활용하는 경우, munger~⁵⁸⁾오브젝트를 주로 사용한다. 그러나 본 연구에서는 poly~ 오브젝트를 활용하여 granular synthesis 기법을 재현하였다. munger~를 사용하지 않고 poly~ 오브젝트를 사용하여 granular synthesis를 재현한 까닭은, poly~ 오브젝트로 원하는 개수만큼의 grain 양을 관리할 수 있기 때문이다.

상술한 바와 같이 granular synthesis는 샘플(sample), 혹은 음원이 있어야만 적용할 수 있는 특수한 소리합성 방식이다. 따라서 본 연구에서 개발한 Max for Live 디바이스는 샘플을 drop할 수 있는 live.drop 오브젝트를 활용하여 사용자가 샘플을 간편하게 디바이스의 버퍼(buffer)⁵⁹⁾에 넣을 수 있도록 하였다. [그림-13]

58) Max의 external 오브젝트. Columbia University가 처음 개발하였고, 이후 Dan Trueman과 R. Dubois에 의해 후속 연구가 이루어진 오브젝트이다.

59) 데이터를 일시적으로 메모리에 저장하는 것



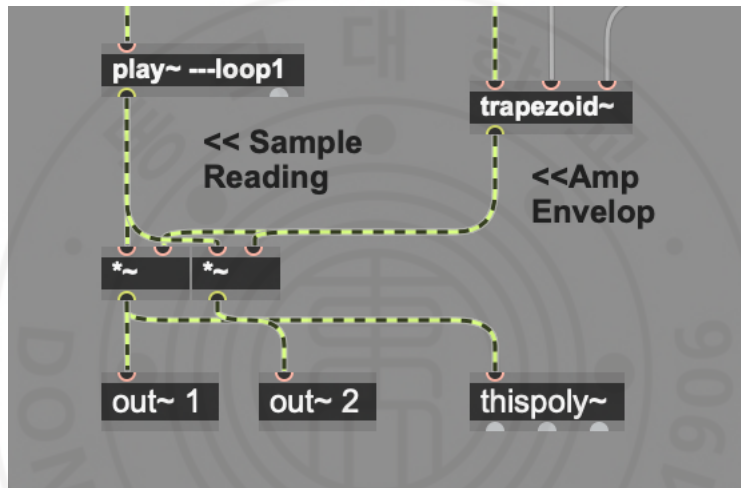
[그림-13] myGrain UI

live.slider 오브젝트를 통해 drop된 샘플을 reading할 구간을 설정하고, 샘플을 reading하는 방향을 선택하는데, 이 두 가지 옵션은 forward, 즉 플레이스 홀더가 놓인 지점부터 선형적으로 읽는 방식과, forward and backward, 즉 플레이스 홀더들 사이의 구간을 앞에서부터 그리고 뒤에서부터 동시에 읽는 방식이 있다. [그림-13]

다음으로 grain size를 결정하는 모드를 선택하게 된다. grain size는 박자에 맞추어 노트의 길이만큼을 결정하는 모드와 grain size의 최솟값과 최댓값을 ms단위로 임의적으로 결정하는 모드를 선택할 수 있다. 또한 grain이 재생될 때의 어택(attack)과 릴리즈

(release)길이를 지정할 수 있어서, 앰프 엔벨로프를 구현하는 것 역시 가능하다. 마지막으로 옥타브 단위로 음정을 조절할 수 있으며, stereo spread의 정도를 사용자가 조절할 수 있도록 하였다.

[그림-13]



[그림-14] myGrain poly~ 패치 내부

[그림-14]는 myGrain 악기에 사용된 poly~ 패치의 일부를 보여 준다. play~를 이용하여 샘플을 재생하면(sample reading), 이렇게 재생되는 샘플에 trapezoid~로 생성한 앰프 엔벨로프를 부여하여 재생되는 샘플이 grain의 형태로 재생될 수 있도록 만들어 주었다.

5) Wavetable Synthesis

Serum⁶⁰⁾은 대표적인 wavetable synthesizer로 가장 많이 사용되는 가상악기 중 하나이다. Serum은 [그림-15]와 같이 두 개의 오실레이터와 한 개의 서브 오실레이터, 필터 및 LFO 등으로 구성되어 있다. wavetable synthesis는 메모리에 디지털 방식으로 저장된 파형들을 불러와 읽는 방식으로 소리를 생성할 수 있다.

wavetable synthesis는 여러 개의 임의적인, single-cycle 파형의 주기적인 재생산(reproduction)으로 이루어진다. 이때, 웨이브테이블에 놓여진 파형을 다양하게 하거나 혹은 modulate하여 복합적인 소리를 만들어 낸다. 웨이브테이블의 position은 하나의 파형을 선택하는데, 최근 기술의 발전으로 인접한 파형을 interpolation 할 수 있어 음색을 역동적이면서도 부드럽게 변화시킬 수 있다.

메모리 공간을 충분히 확보하기 어려웠던 과거에는 몇 개의 파형만 저장할 수 있었으나 현재는 메모리 공간의 제약이 거의 없어 원하는 만큼의 파형들을 저장하고 생성할 수 있다. 웨이브테이블 오실레이터의 특징으로는 아날로그 신세스스로 만들어내기 어려운 복잡한 파형들을 구현하기 쉽다는 것이다.

60) Serum은 Xfer Records의 웨이브테이블 신시사이저이다.



[그림-15] Serum의 웨이브테이블 오실레이터

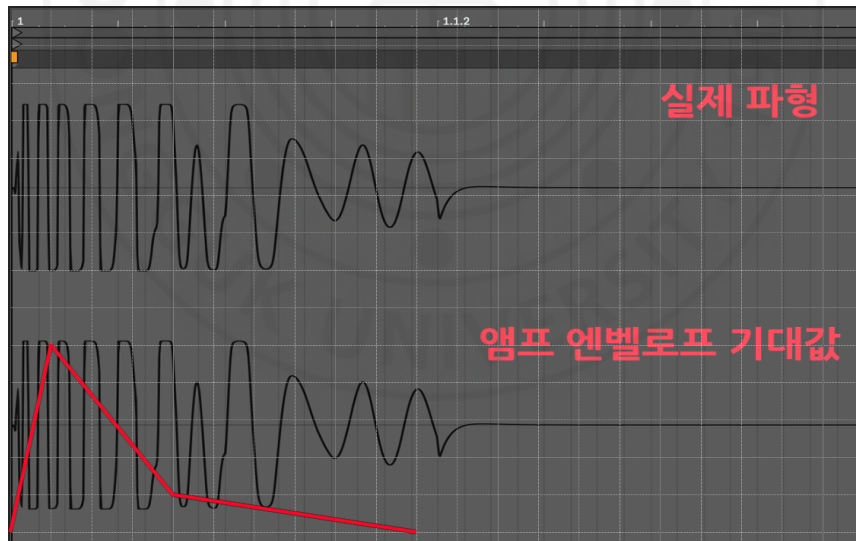
따라서, 웨이브테이블 신세스는 단순히 내장된 파형을 읽어오기 때문에 LFO⁶¹⁾ 등을 이용하여 서로 다른 여러 개의 파형을 연속적으로 읽는 것이 가능하다. 이를 통해 더욱 역동적인 소리를 재생할 수 있게 된다.

61) Low Frequency Oscillator의 약자로 낮은 진동수의 파형을 생성하는 오실레이터를 말한다. 가청 주파수(20-20000Hz) 밖의 낮은 주파수를 갖기 때문에 청각적으로 지각하기 어려우나 이러한 특성으로 인해 여러 가지 파라미터들에 mapping하여 mapping된 파라미터들을 자동으로 조절하는 데에 사용된다.

2. 오디오-비주얼 시스템 디자인

1) 오디오 신호 분석을 위한 프로그램 디자인

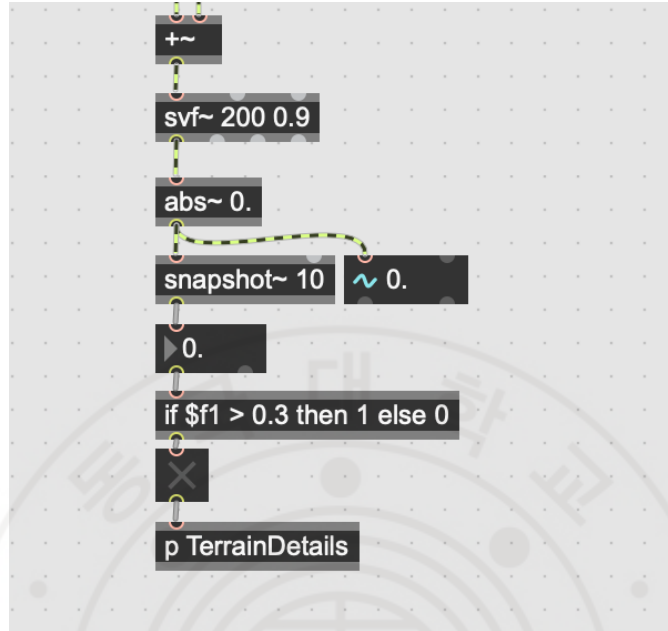
음악과 영상의 실시간 인터랙션을 구현하는 데 있어 주요한 요소 중 한 가지는 영상의 생성과 움직임을 촉발(trigger)하는 데이터를 검출⁶²⁾하는 것이다. 본 연구에서는 킥 드럼의 리듬이 음악의 흐름을 추동(drive)하는 직접적인 요소로 사용됐다. 다만 킥 드럼의 실제 오디오 파형이 의도했던 앰프 엔벨로프의 경향을 충분히 재현하기에는 트랜지언트(transient)⁶³⁾가 뚜렷하지 않아 앰프 엔벨로프의 기댓값을 구현하는 작업이 필요했다. [그림-16]



[그림-16] 킥드럼의 실제 오디오 파형과 기댓값의 차이

62) data filtering.

63) 오디오 신호 초기에서 발생하는 강한 진폭을 갖는 짧은 길이의 신호를 말한다.



[그림-17] 오디오 신호를 지형 디테일 데이터와 연결

[그림-17]은 입력되는 오디오 신호를 필터링하여 지형 디테일 데이터를 변조하는데 쓰인 알고리즘의 일부를 보여준다. svf~⁶⁴⁾ 오브젝트는 state variable filter의 약자로, 위 사례에서는 side chain filter⁶⁵⁾의 역할을 해주기 위해 사용되었다.

64) state variable filter. lowpass, highpass, bandpass, 그리고 bandreject(notch)필터 아웃풋을 동시에 출력한다.

65) side-chain은 특정 프로세서의 동작을 촉발(trigger)하기 위하여 또 다른 오디오 소스를 개입시키는 것을 말한다. 이때 개입된 오디오 신호는 treshold에 지정되고, 그것이 treshold를 초과할 때, 이펙트가 작동한다. side-chain filter는 내부 side-chain 회로로 입력되는 주파수 응답을 변화시킨다. '스', '츠', '치' 등의 치찰음을 발음할 때 들리는 소리를 감쇄하기 위해 사용되는 de-esser는 side-chain filter를 적극적으로 활용한 예이다.

그리고 아래에 있는 abs~⁶⁶⁾ 오브젝트는 입력되고 있는 시그널을 절대값 범위로 변환한다. 입력되는 데이터는 기본적으로 양극(bipolar)⁶⁷⁾ 속성을 가지는데, 이 오브젝트를 사용해 단극(unipolar)⁶⁸⁾ 신호로 변환하는 것이다. 일종의 DC offset⁶⁹⁾ 기능을 수행하고 있다고 볼 수 있다.

이때, 시그널의 값을 절댓값⁷⁰⁾으로 변환하는 이유는 threshold에 미달하거나 초과하는 신호를 걸러내는 데 음의 신호를 계산할 필요가 없기 때문⁷¹⁾이다. 마지막으로 TerrainDetails 서브패치로 입력되는 신호를 gating⁷²⁾하기 위하여 조건문을 달아 조건에 부합하는 경우에만 시그널이 통과할 수 있도록 했다.

위와 같은 과정을 거쳐 검출된 시그널 데이터는 terrain을 연출하기 위한 noise offset과 연결되어 지형의 모양에 변화를 가한다.

66) 입력되는 신호의 값은 양의 값과 음의 값을 모두 가진다. 이때 abs~오브젝트를 사용해 신호의 절댓값만을 취할 수 있다.

67) 바이폴라(bipolar). 펄스의 마크(유), 스페이스(무)가 생길 때마다 이를 전압0V에 대응하여 마크가 발생할 때마다 전압 +V, -V를 교대로 변환하는 펄스의 구성을 말한다.

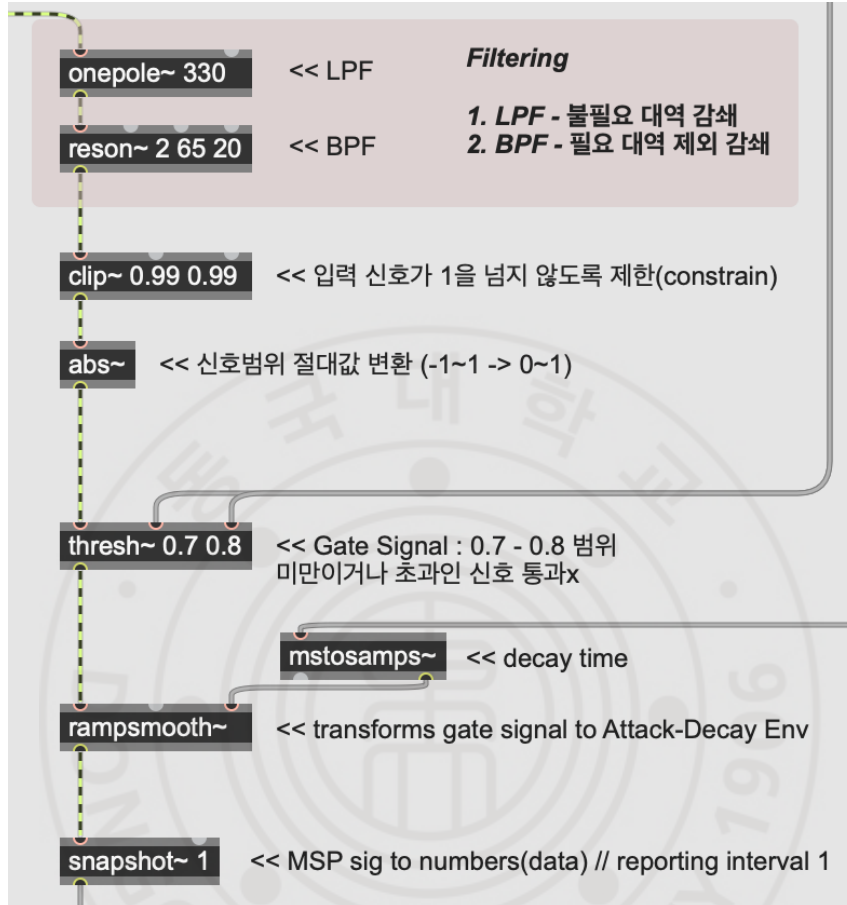
68) 유니폴라(unipolar) 펄스의 마크(유), 스페이스(무)가 발생할 때 이를 전압0V에 대응시켜, 마크 +V의 전압치를 갖는 펄스 구성이다.

69) DC offset은 DC bias로도 불리며, 명칭이 시사하듯 일반적 기준점인 0V(또는 0dB)에서 전체적으로 얼마만큼의 차이가 발생하고 있는지를 의미한다. 일례로, DC offset의 값이 20V라면, 그 해당 신호는 0V에서 평균적으로 20V정도 떨어진 위치에 있다는 것을 말하는 것이다.

70) 임의의 수에 대하여 +, -의 대소에 관계없이 결정되는 그 수의 크기를 표시하는 값. 즉, 부호와는 관계없이 그 수가 갖는 양의 크기만을 말한다.

71) 입력 신호의 양과 음을 모두 고려하여 알고리즘을 구성하면 얻어지는 이익에 대비하여 알고리즘의 복잡도가 과하게 높아진다. 본 연구에서 요구하는 것은 입력되는 데이터가 갖는 크기이므로, 양과 음의 차이는 의미를 갖지 않는다.

72) 게이팅(gating)은 dynamic threshold를 on/off trigger로 사용하는 것이다.



[그림-18] 복합적 조건의 데이터 필터링 사례

[그림-18]은 [그림-17]과 유사하나 보다 엄격한 조건으로 데이터 필터링을 수행한 사례이다. 입력된 신호에서 transient⁷³⁾를 추출하여 앰프 엔벨로프 값으로 변환하는 데 사용되었다. thresh~ 오브젝트는 오디오 신호가 임의로 지정한 기준에 부합하는지를 판단한다. 이때, 지정한 역치를 초과하는 샘플은 gate 신호⁷⁴⁾의 역할을 수행하게 된다.

rampsmooth~ 오브젝트는 입력 신호가 켜지고 꺼지는 과정에 지연시간(delay time)을 개입하는 방식으로 엔벨로프의 기울기 정도에 관여한다. 입력되는 신호의 길이가 너무 순간적이어서 신호가 지연시간만큼 천천히 소강상태에 이르도록 기울기를 조정해야 하는 경우에 주로 사용한다.

이때, 지연시간은 ms(밀리초)단위가 아니라 샘플 레이트⁷⁵⁾ 기반으로 연산된 길이를 말한다. 이러한 연산을 원활히 하기 위하여 ms 단위를 샘플 단위로 바꿔주는 오브젝트인 mstosamps~를 사용하였다. mstosamps~에 원하는 길이만큼의 밀리초를 입력하면 현재 운영 중인 샘플레이트에 따라 지연 시간을 자동 연산해준다.

73) 트랜지언트(transient)는 어떤 소리가 시작될 때 처음으로 듣게 되는 강한 에너지를 가진 큰 진폭의 짧은 소리를 말한다.

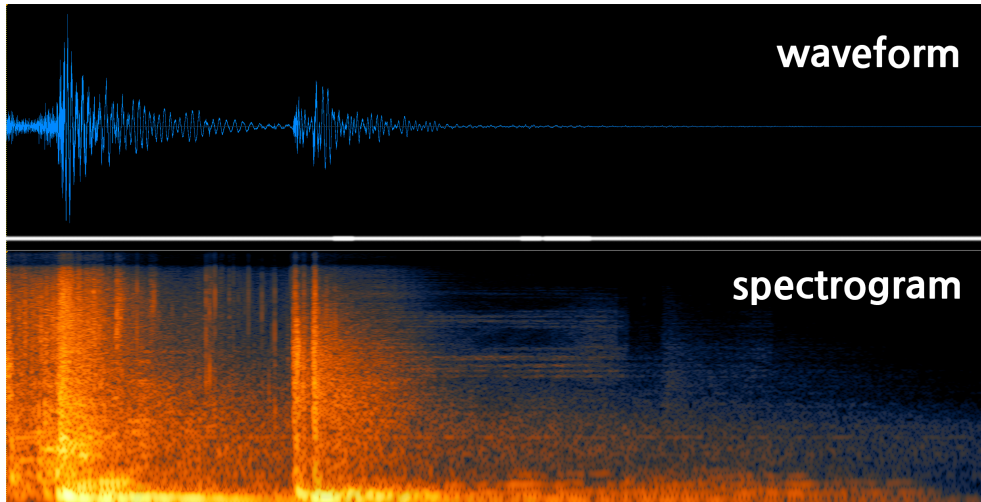
74) 신호의 통과 여부를 결정하는데 관여하는 신호를 말한다.

75) 샘플 레이트(sample rate)는 아날로그 오디오 신호를 디지털 신호로 변환할 때, 이를 샘플링하는 초당 횟수를 말한다.

마지막으로 이렇게 연산된 시그널을 데이터로 변경해주기 위해 snapshot~ 오브젝트를 사용했다. 이렇게 변경된 데이터는 영상을 제어하기 위해 사용된다.



2) FFT를 활용한 오디오 분석



[그림-19] waveform에 대한 spectrogram 시각화

소리를 녹음하였을 때 일반적으로 그려지는 파형은 시간에 따라 고유한 진폭과 주기성을 갖는 2차원 그래프로 그려진다. 이 경우, 시간에 따른 진폭의 값을 구하는 것은 상대적으로 쉽지만 특정 주파수 별 진폭의 값을 구하기 어렵다.

따라서 주파수 당 진폭의 값을 구하기 위해서는 어떤 파형을 가장 기본이 되는 파형인 sine파로 분해하여 이를 주파수당 진폭의 값으로 변환하는 과정이 필요하다.

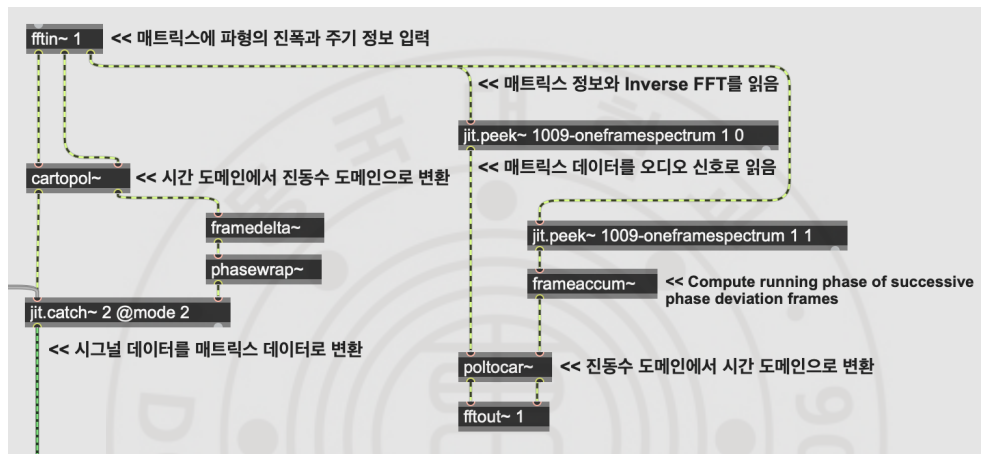
FFT는 Fast Fourier Transform의 약자이며, 고속 푸리에 변환이라고 불린다. 푸리에 변환은 신호를 진동수의 성분으로 분해하는 수학적 기법이다. 즉, 푸리에 변환은 시간에 대한 함수를 진동수에 관한 함수로 변환한다.

다시 말하면, 고속 푸리에 변환은 아날로그 영역의 신호(시간 영역의 신호, 즉 time domain에 대한 신호)에 대하여 주파수 성분을 분석할 때 사용된다. 수학적으로는 cartesian 좌표계⁷⁶⁾ 데이터를 polar 좌표계⁷⁷⁾로 변환하는 것이다. 푸리에 변환은 어떤 복잡한 파형도 수많은 사인파의 조합으로서 분해하거나 재구성할 수 있는 이론적 토대를 마련했다. 따라서 고속 푸리에 변환을 사용하면 더욱 구체적이고 정밀한 데이터 필터링이 가능하다.

76) 데카르트 좌표계. x,y로 이루어진 직각 좌표계를 말한다.

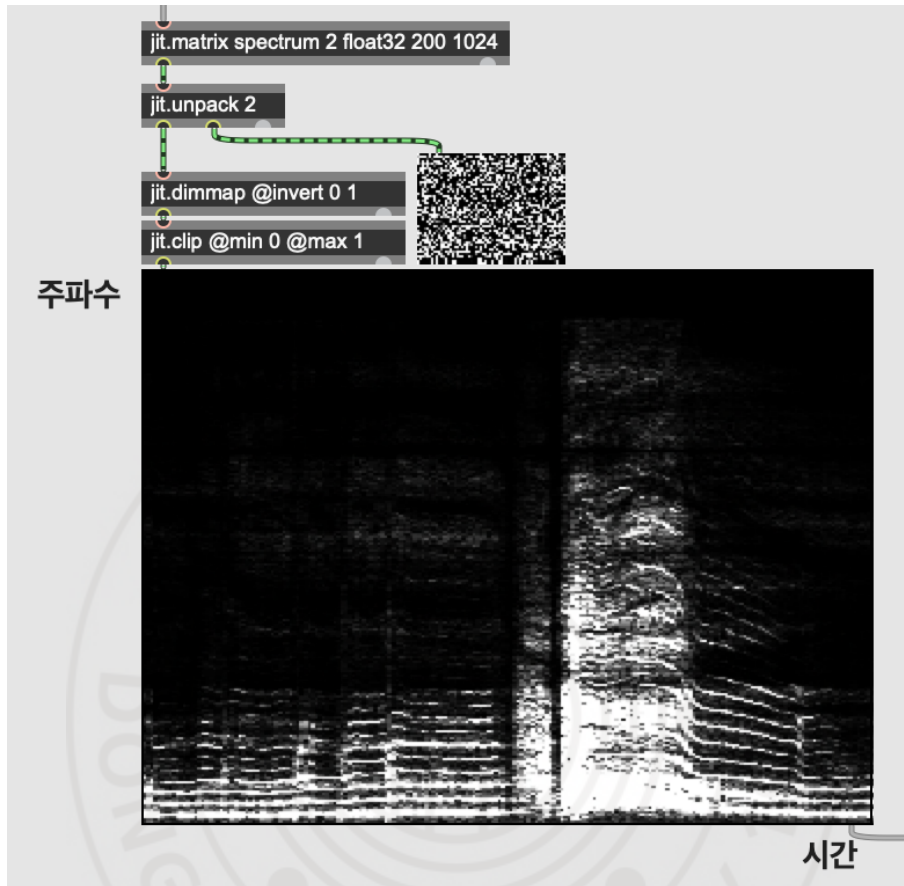
77) 2차원 좌표 중 하나로 극점(기준점)으로부터의 거리, 기준점을 지나는 기준선에 대한 각도로 위치를 표시한다. 기준점으로부터의 방향과 거리가 연산에 중요한 경우 유용히 사용된다. cartesian 좌표계에서는 각도와 거리를 이용해 좌표를 구하기 위해서는 삼각 함수를 사용하여야 하기 때문에 복잡한 연산을 해야 하는데, 극좌표계를 이용하면 비교적 쉽게 연산을 수행할 수 있다.

Max/MSP, Jitter 환경에서 고속 푸리에 변환 연산을 실행하기 위해서는 이를 위해 고안된 pfft~ 서브패치를 통하여서만 할 수 있다. 아래 [그림-20]은 오디오 신호 분석을 위해 사용된 pfft~ 패치 내부를 보여준다.



[그림-20] pfft~ 패치 내부

cartopol~ 오브젝트는 cartesian to polar를 줄여 말하는 것으로, cartesian 좌표계에서 polar 좌표계 데이터로 변환해주는 역할을 수행한다. 이와 반대의 기능을 하는 오브젝트는 poltocar~로 polar 좌표계의 데이터를 cartesian 좌표계의 데이터로 변환한다.

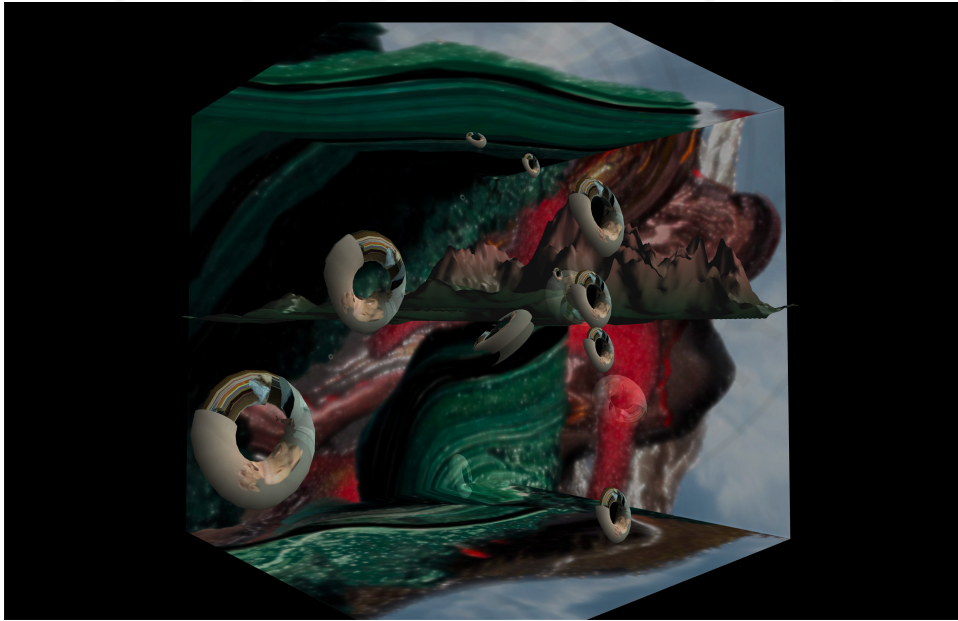


[그림-21] FFT 분석된 데이터

[그림-20]과 같이 FFT로 분석된 데이터는 [그림-21]과 같이 FFT 데이터를 2평면 매트릭스 상에 재현할 수 있다.

3. 시각화 시스템

시각화 시스템은 Jitter를 통해 구현된다. Jitter는 실시간 그래픽 데이터를 처리하는 Max의 그래픽 라이브러리이다. Jitter는 시각화 알고리즘을 구현하는 동시에 시스템의 안정성과 최적화를 위한 오브젝트들을 사용할 수 있다는 장점이 있어 본 연구의 시각화 시스템을 구성하는 언어로 선택되었다.



[그림-22] 작품 <Anthropocene Desolation II>의 한 장면

시각화 시스템은 지형(terrain)과 원환체(torus)로 이루어진 파티클 시스템(particle system)⁷⁸⁾과 같은 그래픽 요소를 생성하는 시스템과 생성된 그래픽 요소를 렌더링(rendering)⁷⁹⁾하는 시스템으로 구성되어 있다. 그래픽 및 렌더링 라이브러리는 Jitter에서 지원하는 GL3라이브러리⁸⁰⁾를 사용했다.

시각화에 사용된 주요 요소⁸¹⁾로는 지형(terrain), 원환체(torus)가 있다.

78) 파티클 시스템이란 게임 물리, 모션 그래픽, 컴퓨터 그래픽 등에서 사용되는 기법이다. 많은 수의 그래픽 오브젝트들을 동시에 사용하여 구체적인 형태를 알 수 없는 형태를 만드는 데 사용된다.

79) 2차원의 화상에 광원 등 여러 정보를 활용하여 3차원의 화상을 만드는 과정을 뜻한다.

80) GL3라이브러리는 OpenGL에서 제공하는 라이브러리이다. GL3라이브러리는 Jitter에서 GLSL3라이브러리를 사용할 수 있게 해준다. GLSL은 OpenGL Shading Language의 준말로, C언어를 기반으로 작성되는 고수준 셰이딩 언어이다.

81) 본 연구에 사용된 주요 시각화 요소는 이탈리아의 멀티미디어 아티스트인 Federico Foderaro의 Jitter 연구, <Torus Particles Mouse>(2018), <Water Surface Simulation>(2018)에 영감을 받아 실시간 오디오-비주얼 시스템 구축을 위한 요소로 연구, 디자인되었다.(CC BY-NC 4.0. 이용한 창작)

1) 노이즈⁸²⁾를 이용한 실시간 지형 생성 - Terrain

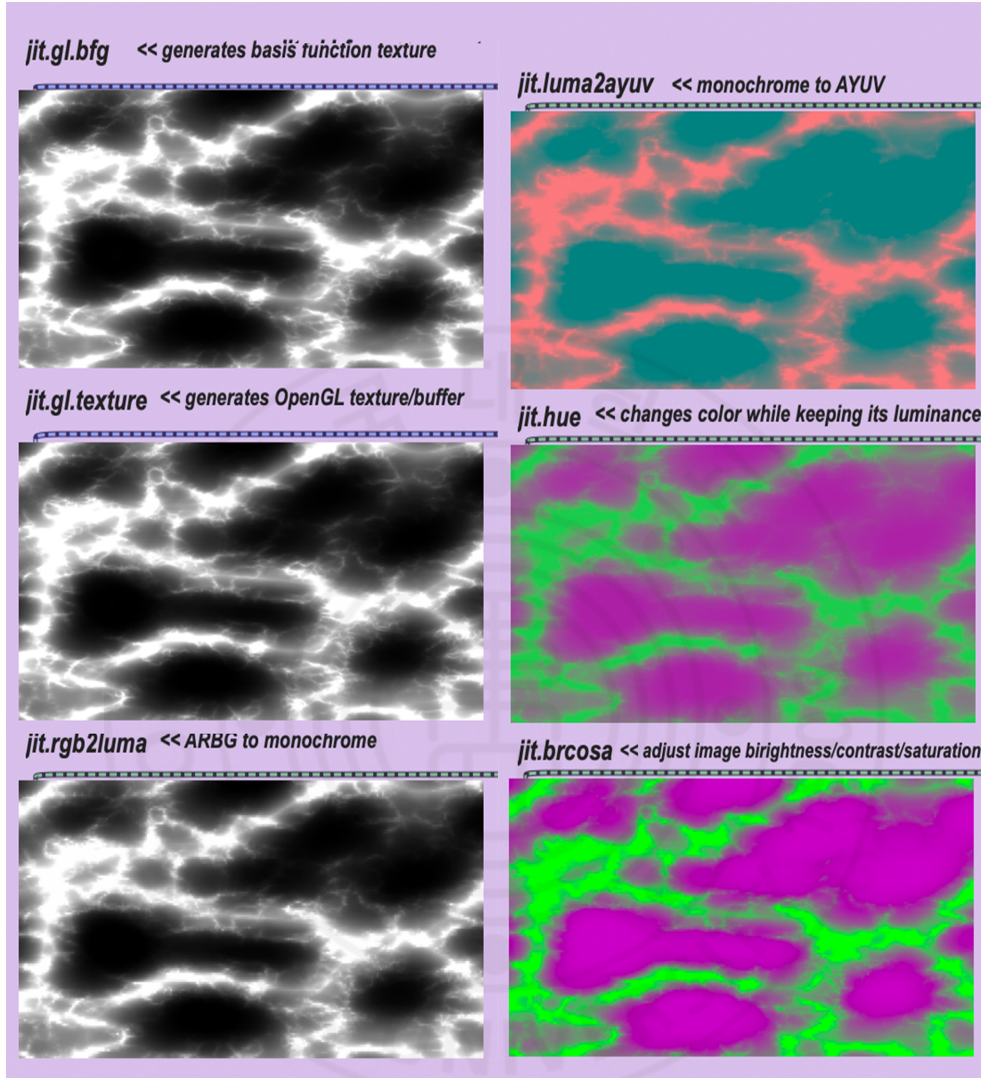
`jit.gl.texture` 오브젝트는 OpenGL 텍스처를 생성한다. 또한 3D geometry를 구현하는데 사용되는 이미지 데이터를 위한 버퍼⁸³⁾ 역할을 하는 오브젝트이다. `jit.gl.texture` 오브젝트는 `jit.matrix`와 유사한 기능을 수행하지만, 텍스처가 그래픽 카드 상에서 처리된다는 점에 차이가 있다. `jit.gl.bfg` 오브젝트는 절차적으로 basis function texture를 생성하고, OpenGL 텍스처 아웃풋을 procedural basis function 라이브러리에서 생성한다. 이 function들은 OpenGL의 GLSL Shader와 같이 그래픽 카드에서 연산된다. [그림-23]

`jit.gl.bfg` 오브젝트에 `@basis fractal.multi.rigid attribute84)`를 활성화하면, 내부 clocker 오브젝트가 메트로놈을 보내는 동안 해당 basis가 연산된다. 이때 clocker 오브젝트에 `@active attribute`를 활성화하면 자동으로 메트로놈 신호를 보내게 된다. 메트로놈 신호를 사용함으로써 노이즈가 물이 흐르듯 움직이는 듯한 효과를 얻을 수 있다. [그림-23]

82) 음향에서 노이즈는 전 주파수 대역에 걸쳐 발생하는, 비주기성을 띠는 소리를 말한다. 시각적 측면에서의 노이즈도 전 주파수 대역에 걸쳐 발생하는 비주기적, 임의적 시각 자극을 의미한다. 일반적으로 자연물의 형태는 fractal로 일컬어지는 규칙적이고 복잡한 구조를 띠거나 기하학적 도형들로는 표현하기 어려운 무작위적이고 비규칙적인 형태를 띠고 있다. 따라서 노이즈를 활용하면 자연계에서 관찰되는 대상들을 컴퓨터 그래픽스적으로 만들어내기 용이해진다.

83) 버퍼(buffer)는 일시적으로 데이터를 메모리에 저장하는 것을 말한다.

84) 어트리뷰트(attribute)는 Max/MSP/jitter 오브젝트의 behavior를 특정(specify)하는 명령어를 말한다.



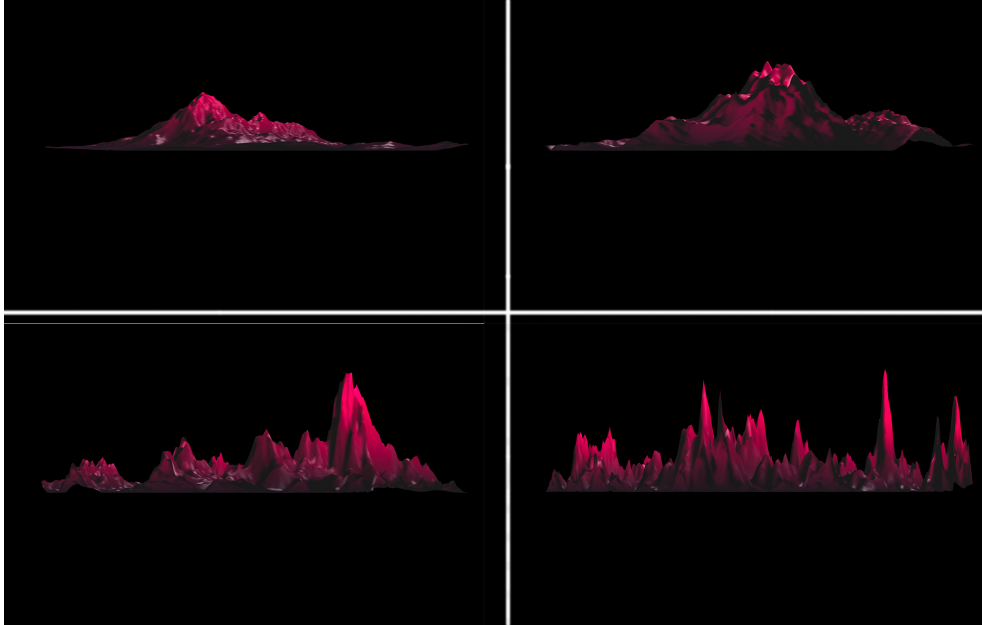
[그림-23] Jitter 프로세싱을 통한 노이즈 변조 과정

jit.rgb2luma 오브젝트는 4평면 char 인 ARGB(Alpha, Red, Green, Blue)를 매트릭스를 1평면 char 단색(monochrome) 매트릭

스로 변환한다. `jit.luma2ayuv` 오브젝트는 1평면 char 단색 매트릭스를 4 평면 char의 AYUV(alpha, luminance, signed chroma blue, signed chroma red) 매트릭스로 변환한다. `jit.hue` 오브젝트는 이렇게 변환된 노이즈의 luminance를 유지하면서 hue angle을 통해 색상을 바꾸어주기 위해 사용되었다. `jit.brcosa`는 생성된 이미지의 밝기(brightness), 대비(contrast), 채도(saturation)을 조정하기 위하여 사용된 오브젝트이다. [그림-23]

`jit.gl.gridshape` 오브젝트는 버텍스(vertex)⁸⁵⁾ 좌표가 담긴 matrix와 각각의 버텍스를 면으로 연결하는 mesh, texture, normal map 등을 포함하고 있다. `jit.gl.gridshape`이 그래픽 공간에 인스턴스되면 `gridshape` 내부에 들어있는 이미지가 출력된다. 그러나 그 안에 들어있는 정보를 수정할 수 없기 때문에 `matrixoutput` attribute를 활성화하여 matrix 데이터를 출력한 뒤 별도로 수정해야 한다. 수학에서 matrix는 수를 직사각 형태로 배열하는 것을 말하는데, Jitter에서 matrix는 2차원 배열을 가진 데이터 묶음이다. 따라서 Jitter에서 matrix는 일종의 리스트로 처리된다. 매트릭스는 여러 다면적 데이터를 처리하는 데 유용하게 사용된다. 픽셀 (ARGB), X, Y, Z의 3D 좌표들, 그리고 FFT 데이터 등이 그 예다.

85) 버텍스(vertex)란 3D공간을 형성하는 가장 작은 단위의 데이터들로서, 입체 공간에서 x,y,z.좌표값을 갖는 벡터이다. 두 버텍스의 좌표를 이으면 선(line)이 되고, 3개 이상의 버텍스의 좌표를 잇게 되면 도형이, 즉 다각형의 폴리곤(polygon)이 생성된다.

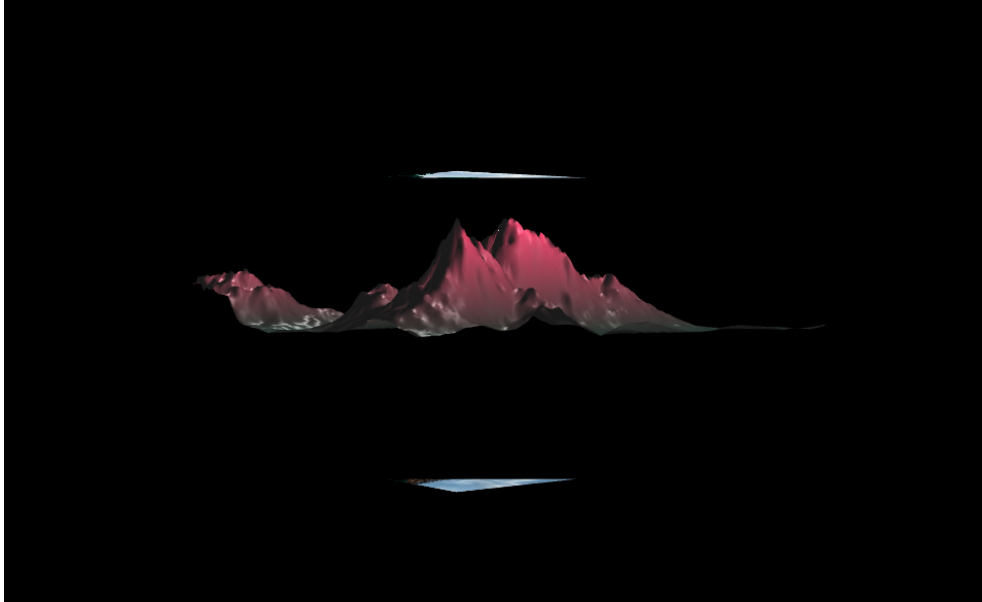


[그림-24] 노이즈의 스케일 정도에 따른 지형의 변화

[그림-24]는 노이즈의 스케일 정도에 따른 지형의 변화를 나타낸 것이다. 그림과 같이 스케일의 정도가 증가함에 따라 지형의 형태가 날카로워짐을 알 수 있다. 이는 노이즈를 관찰하는 높이가 높아짐에 따라서 한 화면에 담을 수 있는 노이즈의 양이 증가하여 더욱 조밀하게 집약된 것처럼 보이기 때문이다. [그림-25]



[그림-25] 스케일 값의 증가에 따른 노이즈 양 변화



[그림-26] 가상 지형의 모습

이렇게 `jit.gl.gridshape`에서 3D 버텍스 좌표를 출력한 뒤, `jit.gen` 오브젝트 내부 패치에서 노이즈 데이터와 버텍스 좌표를 곱한다. 이 경우 변화하는 노이즈 데이터에 따라 버텍스의 위치가 변화하기 때문에 복잡한 형태의 도형을 만들 수 있다. [그림-26]과 같은 지형은 노이즈 데이터 변조와 OpenGL shader 조작을 통해 만들어진 것이다.

2) OpenGL Shader를 이용한 지형 이미지 생성

OpenGL은 Open Graphics Library의 줄임말로, 컴퓨터 그래픽을 가속으로 처리하는 동시에 다양한 분야에서 사용될 수 있도록 보장하는 2D, 3D 그래픽 라이브러리이다. OpenGL이 제공하는 shader(또는 GLSL)는 렌더링과 GPU 연산을 제어하는데 필요한 C 언어 기반의 프로그래밍 언어이다.

```
<jittershader name="lightDepth"> //Shader name 지정
  <description>Directional
  </description>

  //Parameter 지정
  <param name="clipedOut" type="vec4" default="0.0 -1.0 0.0 4.0" />
  <param name="worldMatrix" type="mat4" state="WRD_MATRIX" />
  <param name="close_clip" type="float" state="CLOSE_CLIP" />
  <param name="distance_clip" type="float" state="DIST_CLIP" />

  //Language
  <language name="glsl" version="1.2"> //glsl version 1.2 사용
```

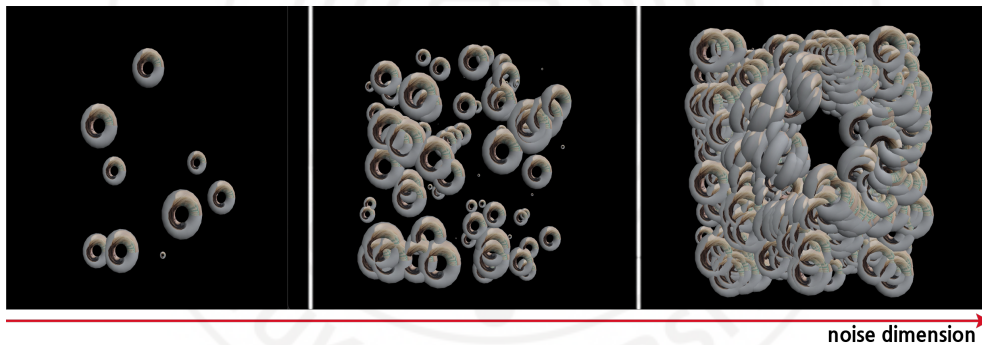
[그림-27] 지형에 음영 처리를 하기 위해 사용된 Shader 일부

[그림-27]은 Jitter shader의 기본 설정을 보여주는 shader 일부이다. shader의 이름과 사용된 파라미터들을 선언하는 부분이다. 이때 언어는 OpenGL이 제공하는 glsl을 사용했다.

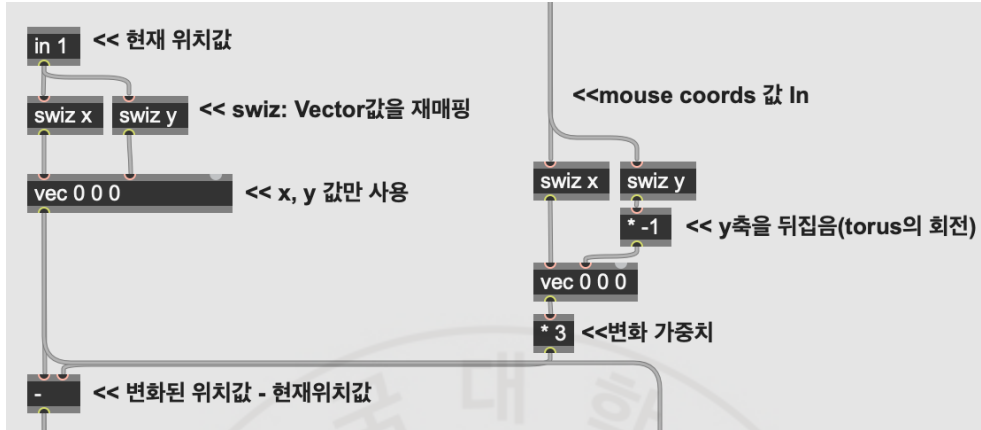
3) Torus Particle System

원환체(torus)는 지형(terrain)과 더불어 시각화를 이루는 주요 영상 요소 중 하나이다. 원환체들은 무리를 이루어 그 개수가 적어 지기도, 많아지기도 하고 가해지는 힘의 방향에 따라 회전, 중심에서 멀어지고 다시 가까워지기를 반복하며 영상에 리듬감을 주는 요소로 사용되었다.

jit.noise 오브젝트로 각 원환체들의 위치와 크기를 무작위 생성하였다. 이때, 노이즈의 dimension을 조절하여 원환체의 양과 밀도를 조절하였다.

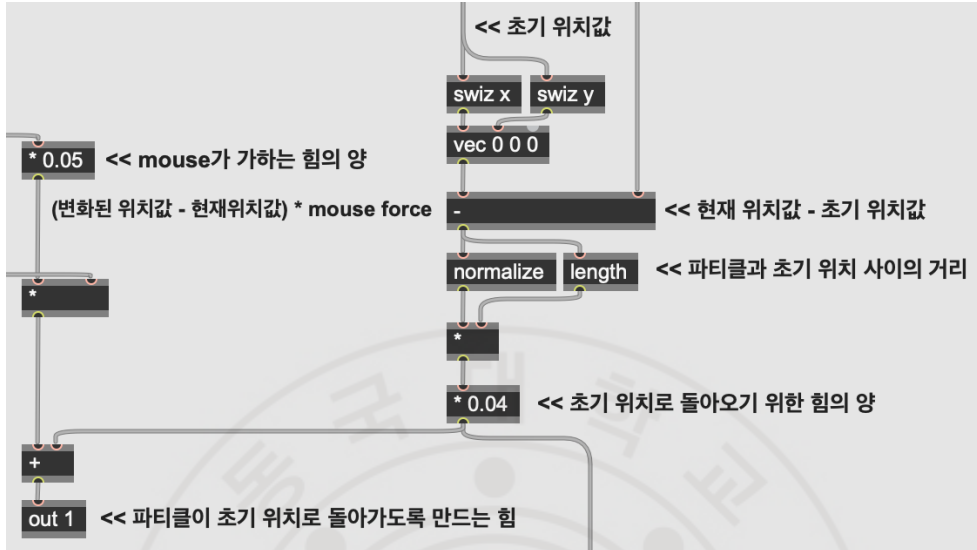


[그림-28] 노이즈의 크기에 따른 원환체의 밀도 변화



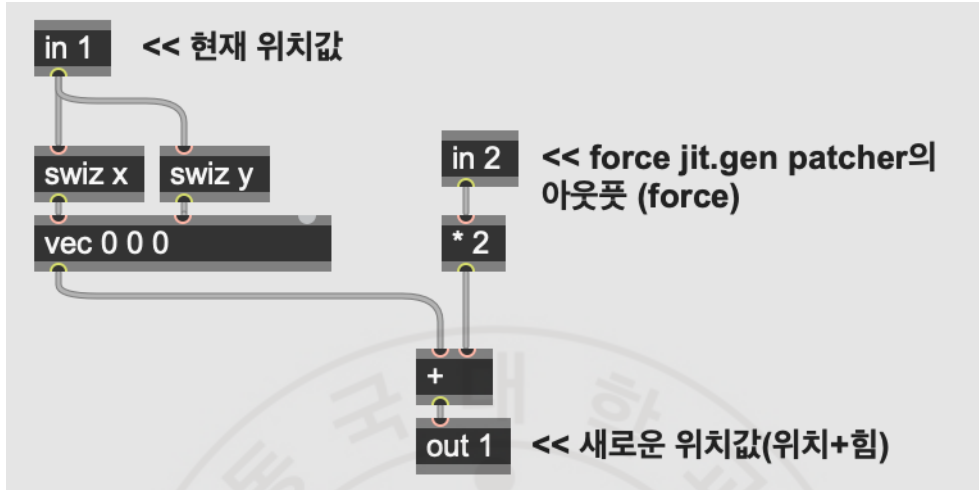
[그림-29] 원환체에 움직임을 부여하기 위한 jit.gen 패치 일부(1)

jit.noise 오브젝트를 통해 무작위로 배치된 원환체들이 움직임을 가질 수 있도록 [그림-29]와 같은 jit.gen 패치를 활용하였다. 마우스 커서의 위치에 따른 위치값의 y축에 변화를 줌으로써 이를 현재 원환체의 위치값과 비교했을 때 변화의 가중치를 두어 차이가 발생하도록 했다. 이는 위치값에 차이가 발생하여야만 한 지점에서 다른 지점으로의 이동이 가능하기 때문이다. 변화 가중치는 상대적인 것으로서 2-5사이의 값을 임의로 지정하여 사용하였다.



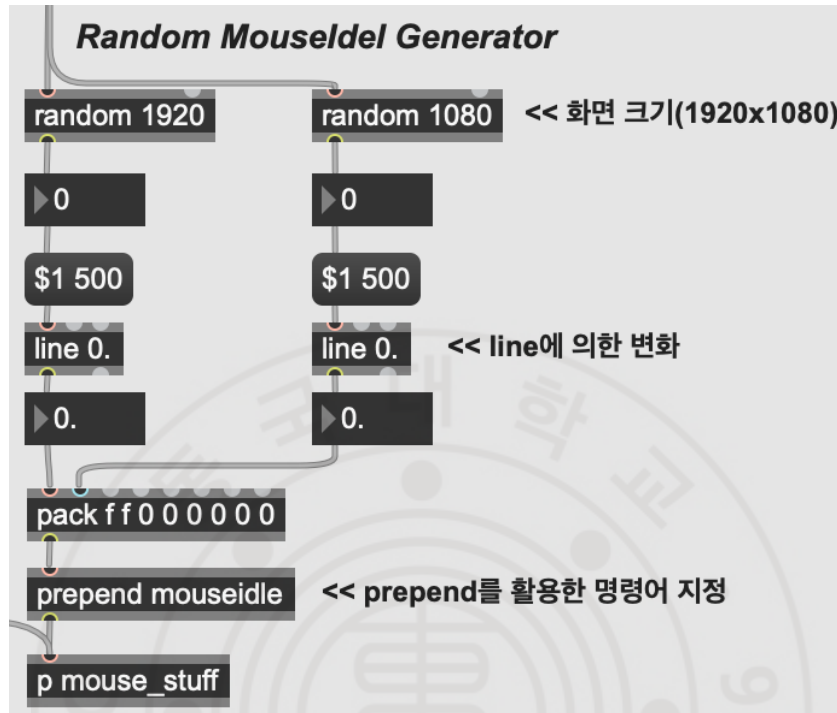
[그림-30] 원환체에 움직임을 부여하기 위한 jit.gen 패치 일부(2)

[그림-30]과 같은 과정을 거쳐 발생한 위치값의 차이는 원환체가 상하로 회전하거나 자신의 원래 위치로부터 멀어졌다가 다시 초기 위치로 돌아오는 힘의 값을 산출하기 위하여 사용되었다. 초기 위치로 돌아오는 힘(force)의 정도에 따라 원환체의 움직임을 속도가 달라지는 것을 확인할 수 있었다. 이때, 힘의 정도가 강할수록 원래 자리로 돌아가려는 속성이 강하기 때문에 원환체의 움직임이 거의 없는 것으로 보이는 현상을 발견했다. 이를 해결하기 위하여 적당한 힘의 값을 찾아서 원환체의 움직임을 자유롭게 표현할 수 있었다.



[그림-31] 원환체에 새로운 위치값을 지정하기 위한 jit.gen 패치

원환체의 현재 위치값은 힘의 정도, 마우스의 위치에 따라 수시로 변화한다. 이렇게 변화하는 현재 위치값에 [그림-31]과 같은 방식으로 구한 힘의 값을 더해서 새로운 위치값을 지정해주었다. 위와 같은 과정을 통해 원환체의 움직임과 밀도를 조정하여 줌으로써 영상의 리듬감과 내러티브를 만들어 낼 수 있었다.



[그림-32] 무작위 마우스 위치를 지정해 주기 위한 패치

마우스 위치를 트래킹(tracking)하여 particle system의 움직임에 변화를 주는 것은 연구 단계에서는 적절하지만 실제 공연에 사용하기에는 무리가 있었다. 따라서 [그림-32]와 같이 출력되는 화면의 크기 안에서 무작위(random)적으로 마우스 위치 값을 생성하는 시스템을 개발하였다. 우선 두 개의 random 오브젝트에 각각 출력될 화면의 너비(x)와 폭(y)을 지정했다. bang 신호가 입력될 때마다 random 오브젝트에 의해 0-1920, 0-1080 사이의 무작위 값이 출력되며 이렇게 생성된 무작위 x, y값은 line 오브젝트를 통해

500ms동안 무작위 값에 도달하게 된다. x값과 y값이 500ms 동안 ramp time을 가지며 변화하기 때문에 보다 자연스러운 움직임을 구현하는 것이 가능했다.



Ⅲ. 연구 기술의 작품 적용

1. 작품 소개

본 연구가 적용된 오디오-비주얼 작품 <Anthropocene Desolation II>는 2022년 11월 12일 이해랑 예술극장에서 열린 한국멀티미디어 음악학회의 정기공연 ‘SEEING SOUND LISTENING IMAGE’에서 초연되었다.



[그림-33] 초연 당시 사진

〈Anthropocene Desolation II〉는 지난 2021년 유리를 소재로 하는 시각 예술가 박혜인의 AR⁸⁶⁾작품 〈My Warm Little Pond〉(2021)에 삽입된 곡 〈Anthropocene Desolation〉(김연주, 2021)의 주제 의식에 영감을 받아 시작된 연작이다.



[그림-34] 〈My Warm Little Pond〉(2021) 적용 모습

86) AR, Augmented Reality. 우리말로는 증강현실로 번역하며, 카메라를 통해 포착되는 현실의 이미지에 2D, 3D로 형상화된 이미지를 덧대는 가상현실 기술을 일컫는다.

<Anthropocene Desolation>은 디지털 기술로 매개된 화면 너머의 존재와 이를 시청하는 관객 사이의 극복 불능의 시공간적 간극을 경험하는 데에서 발생하는 감각을 묘사한 앰비언트(Ambient)⁸⁷⁾ 음악이다. Anthropocene(인류세)⁸⁸⁾은 네덜란드의 화학자 파울 크뤼천⁸⁹⁾(Paul Crutzen)이 제시한 지질학적 시대 개념이다. ‘인류세’라는 개념은 아직 지질학계에서 공식적으로 인정된 개념은 아니지만, 현재 인간의 활동의 결과가 전-지구에 걸쳐 상당한 영향을 끼치고 있다는 점에서 활발히 논의되고 있다.

인류의 영향력이 지역적 한계를 넘어서 지구의 모든 곳곳에까지 이르고 있다는 것은 불과 한 세기 전의 상황을 고려할 때, 실로 놀라운 일이다. 인간의 기술은 인간을 비물질적 세계-소위 메타버스(metaverse)⁹⁰⁾라 불리는-로 인도하고 있다. 우리는 디지털로 창조된 땅(land)에서 디지털화(digitized)된 존재들과 직접 상호작용하고 있다는 인지적 착각에 빠진다.

87) 앰비언트 음악은 전통적인 음악적 구조나 리듬보다는 음악적 색채(tone)과 분위기가 강조되는 음악을 말한다. 앰비언트 음악은 구조적인 악곡의 형태나, 비트, 멜로디를 포함하지 않는 경우도 많다.

88) 인간에 의해 유발된 기후 변화를 포함하여 지구의 지질학적 역사와 생태계에 인류가 상당한 영향력을 행사하기 시작한 시기를 지질학적 시대(geological epoch) 개념으로 지칭하기 위해 파울 크뤼천에 의해 처음 제시된 개념이다.

89) Paul J. Crutzen(1933-2021)는 네덜란드의 기상학자이자 대기화학자이다. 1995년 노벨화학상을 받았으며, 기후 변화에 대한 관심으로 후에 제시한 인류세(Anthropocene) 개념으로 잘 알려져 있다.

90) 메타버스(metaverse)는 미국의 SF작가인 닐 스티븐슨의 소설<스노 크래시(Snow Crash)>(1992)에서 처음 등장한 개념으로, 현실(reality)과 가상현실(virtual reality)이 유리되지 않고 다양한 방식으로 융합하거나 결합하는 사례들을 총칭한다.

이를 ‘몰입’(immersion)‘ 또는 ‘몰입실감성’(immersivity)이라고 표현하는 근래의 주장은 역설적으로 몰입 실패의 비-몰입 상황에서 초래되는 상호작용 불능 경험에 대한 무력감과 지각적 불일치에 대한 감각의 존재를 반증한다. 이러한 무력감과 불일치의 경험은 경험하고 있는 ‘나‘ 자신에게 때로는 고적감(desolation)을, 때로는 불일치라는 감각에서 비롯하는 무질서한 에너지의 감각을 발생시킨다.

<Anthropocene Desolation II>는 레프트필드베이스(Leftfield-bass), 브레이크코어(Breakcore) 장르를 기반으로, 음악과 영상이 실시간 상호작용하는 멀티미디어 작품이다.

레프트필드베이스는 일반적으로 주류의 바깥에서 실험적이고 전위적이며, 비관습적이고 비상업적인 음향적 특징으로 장르화된다. 레프트필드음악은 전통적이고 관습적인 음악의 구조나 멜로디보다는 전반적인 분위기와 소리의 텍스처(질감)가 음악의 중심 요소로 기능한다.

상술한 특성으로 인해 레프트필드 음악을 특정 사운드나 스타일로 규정하고 정의하기란 매우 어렵다. 왜냐하면 전위적이고 실험적이라는 설명은 레프트필드음악 각각이 개개의 고유한 특성을 가지고 있어야 한다는 점을 전제하고 있기 때문에 어떤 소리적 유사성을 가지고 이들의 음악을 장르화하는 것이 불가능하다.

브레이크코어는 하드코어(hardcore)⁹¹⁾, 정글(jungle)⁹²⁾, 드럼 앤 베이스(drum and bass)⁹³⁾, 드릴 앤 베이스(drill 'n' bass)⁹⁴⁾, IDM(Intelligent Dance Music)⁹⁵⁾, 일렉트로-인더스트리얼(electro industrial)등 전자음악의 군소장르들에 기반을 두고 있는 전자음악의 초소형 하위 장르(micro-genre) 중 하나이다.

- 91) 하드코어(hardcore)는 하드코어 테크노(hardcore techno) 또는 하드코어 하우스(hardcore house), 하드 댄스(hard dance) 등을 지칭할 때 일반적으로 사용되는 장르명이다. 1990년대 초반 영국, 네덜란드, 벨기에, 독일을 중심으로 융성하였다. 보통 160-200BPM 사이이며, 때로는 그 이상의 빠른 템포와 상당히 distorted 된 톱니파 기반의 킥 드럼 사운드, 킥 드럼의 강도(intensity), 다소 폭력적인(violent) 감상을 불러일으키는 리듬과 분위기로 다른 음악 장르와 구분된다. 하드코어에서 뻗어나간 하위 장르로는 바운시 테크노(bouncy techno), 레가코어(reggacore), 개버(gabber), UK 하드코어(UK hardcore), 인더스트리얼 하드코어(industrial hardcore) 등이 있다.
- 92) 정글(jungle)은 영국의 레이브(UK rave) 씬과 브레이크비트 하드코어 씬, 그리고 1990년대 초반의 사운드 시스템으로부터 발전한 댄스 뮤직 장르이다. 빠른 브레이크비트(breakbeats)의 사용, 강하게 syncopated 된 퍼커션 룩, 샘플링, 신시사이저된 음향 효과들과 더불어 deep한 베이스라인과, 덤(dub), 레게(reggae), 댄스홀(dancehall), 힙합(hiphop), 펑크(funk)에서 따온 멜로디, 보컬 샘플들의 사용이 두드러진다. 펑크(funk)나 재즈 레코드들에서 사용된 아멘 브레이크(Amen break)나 다른 브레이크비트들을 즐겨 사용하는 것이 특징이다. 정글은 1990년대 중반 생겨난 드럼 앤 베이스(drum and bass)의 형성에 많은 영향을 주었다.
- 93) 드럼 앤 베이스는 (drum and bass, drum&bass, drum'n'bass, D&B, DnB, D'n'B 등으로 적기도 한다) 일반적으로 165-185사이의 BPM을 갖는 빠른 브레이크비트의 사용과, 강한 베이스, 서브베이스라인, 샘플, 신시사이저의 사용으로 특징지어지는 장르이다. 1990년대 영국의 레이브(rave)씬에서 영향을 받아 탄생하였다. 자메이칸 덤(Jamaican dub)과 레게(reggae)사운드가 정글(jungle)의 베이스가 강조된 사운드에 영향을 주었고, 드럼 앤 베이스도 정글의 영향을 받아 베이스가 강조된 사운드를 보인다. 드럼 앤 베이스로부터 파생된 하위 장르로는 덤스텝(dubstep), UK 개러지(UK garage), 그라임(grime), 풋워크(footwork) 등이 있다.
- 94) 드릴 앤 베이스는 드럼 앤 베이스의 하위 장르로서, 1990년대 중반 IDM 음악가들이 브레이크비트, 정글, 드럼 앤 베이스의 특징적 요소들을 가지고 실험하는 과정에서 탄생했다. 일반적으로 춤을 추기에는 어려운 불규칙적인 리듬 요소를 가지고 있으며, 드릴 앤 비트로부터 파생된 장르로는 브레이크코어(breakcore)가 있다.
- 95) IDM(intelligent dance music)은 braindance라고도 불린다. 앰비언트 테크노(ambient techno), 애시드 하우스(acid house), 디트로이트 테크노(Detroit techno)와 브레이크비트와 같은 전자음악과 레이브 음악(rave music)의 문화와 사운드 팔레트로부터 성장한 장르이다. 브레인댄스라는 이름이 시사하는 바와 같이 클럽이나 외부에서 춤을 추기에 적합한 음악이라기보다는 집에서 혼자 듣는(뇌로 춤추는) 방식에 더욱 적합한 음악 장르라고 할 수 있다.

브레이크코어는 영국의 사이버컬처(cyberculture)에 그 기원을 두고 있으며, 문화적으로는 1990년대 중반에 융성했고 현재는 독일과 네덜란드 등 유럽과 북미를 중심으로 활발히 그 장이 형성되어 있다. 브레이크코어는 매우 복잡하고 정교한 브레이크비트(breakbeat)⁹⁶⁾의 사용과 다양한 샘플링 소스의 사용, 빠른 템포로 특징 지어지는 경향이 있다.

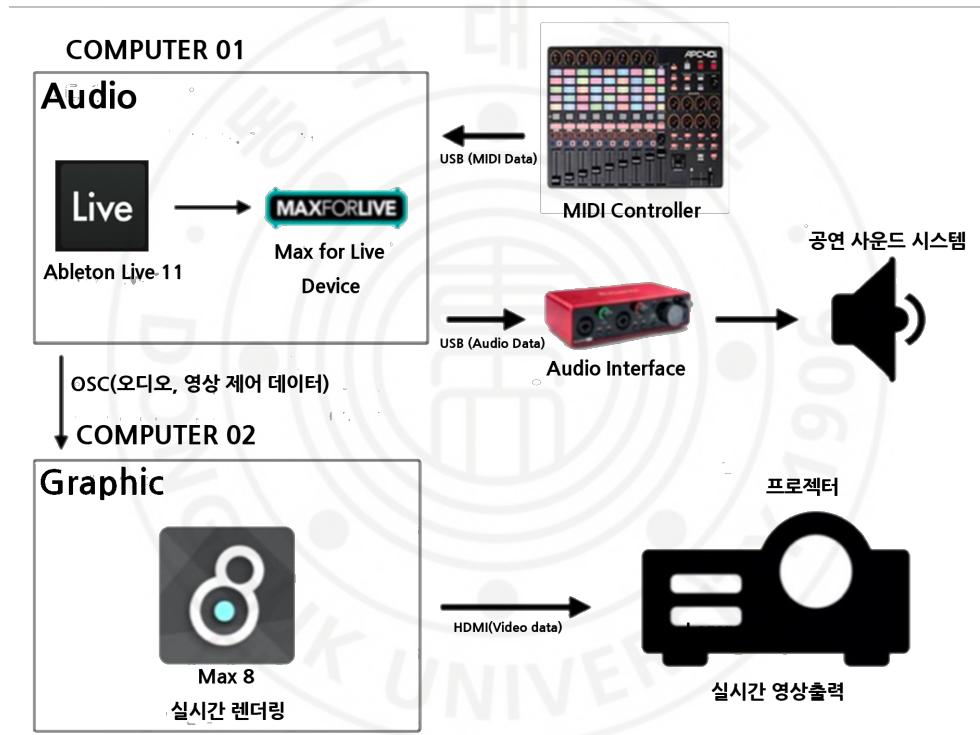
본 연구의 목적이 제3지대의 문화가 중심 문화에 포섭되는 방식으로서가 아니라 고유문화와 실천으로서 문화 생태계 내에서 자신의 지위를 획득하는 데에 컴퓨터음악적 접근방식으로 일조하는 것이니만큼, 전자음악의 하위 장르 중에서도 그 장르들의 하위 장르인 레프트필드와 브레이크코어를 본 실시간 시각화 연구의 음악적 기반으로 삼았다.

96) 펑크(funk)나 재즈, R&B의 드럼 브레이크를 샘플링한 전자음악의 요소를 뜻한다. 브레이크비트를 주로 사용하는 음악의 장르에는 덤스텝(dubstep), 브레이크스텝(breakstep), 투스텝(2-step), UK 개러지(UK garage), 브레이크비트 하드코어(breakbeat hardcore), 빅비트(big beat), 드럼 앤 베이스(drum and bass), 정글(jungle), 힙합(hip hop) 등이 있다.

2. 작품 구성 및 연구 기술 적용

1) 공연 시스템 및 무대 설계

[그림-35]는 <Anthropocene Desolation II>를 구현하는 시스템을 도식화한 것이다.



[그림-35] 공연 시스템



[그림-36] 무대 구성

무대의 구성은 [그림-36]에서 보이는 바와 같다. 실제로는 영상과 오디오 데이터를 제어하기 위하여 두 대의 컴퓨터가 사용되었으나, 무대에는 한 대의 컴퓨터만 설치되었다. 다른 한 대의 컴퓨터는 무대 맞은편의 컨트롤 박스에 설치되었다. 두 컴퓨터 사이의 통신은 OSC⁹⁷⁾를 사용했다.

97) Open Sound Control의 약자로, 사운드 데이터, 컴퓨터 등을 네트워킹하는 프로토콜을 말한다.

2) 음악의 구조 및 파트별 기술 적용

<Anthropocene Desolation II>의 구성은 아래 <표-2>와 같다.

<표-2> 작품의 음악 구성 및 기술 적용

파트	중심요소	사운드 타입	Sound Processing
Intro (0:00-1:23)	narration ambient	ambient	sampling granular synthesis comb filter
A (1:24-1:53)	sampled perc. synth drone	synth drone A	granular synthesis wavefolding comb filter sampling
B (1:54-2:23)	rap synth bass	SFX	comb filter sampling
C (2:24-3:21)	breakbeat	synth drone B SFX	sampling granular synthesis comb filter
D (3:22-4:07)	pad glitch	pad glitch	wavefolding granular synthesis
Outro (4:08-4:53)	breakbeat	SFX	comb filter sampling granular synthesis

① Intro파트 기술 적용

Intro는 나레이션(narration)과 함께 앰비언트 음악인 <Anthropocene Desolation>이 재생된다. 작품 전체에서 가장 정적인 음악적 색채를 띠는 파트이다.

<표-3> narration에 사용된 음향 효과

악기	음향 효과 조합
narration(voice)	sampling + comb filter

나레이션으로는 퍼포머의 스피치를 사전에 녹음하여 샘플링한 것과, text-to-speech(TTS)⁹⁸⁾ 기술을 사용하여 그 음원을 샘플링한 것이 함께 사용되었다. 샘플링된 음원은 comb filter를 거쳐 더욱 날카롭고 거친 음색을 갖도록 하였다. 또한 band-pass filter⁹⁹⁾의 width를 줄이고 Q값을 극단적으로 높여 자체 resonator 효과가 발생하도록 하였다. 이렇게 filter에서 자체적으로 소리가 발생하는 수준까지 Q값을 높이면 다른 이펙트를 거치지 않고도 금속성의 날카로운 소리를 연출하는 것이 가능하다.

98) 음성 합성 기술을 통해 문자를 소리로 읽어주는 기술.

99) 특정 범위의 주파수는 통과시키고 그 밖의 주파수는 통과시키지 않는 필터.

② A파트 연구 기술 적용

A파트는 Intro와 대조적으로 강한 임팩트의 퍼커션 리듬으로 시작된다. 퍼커션과 함께 드론 사운드가 연주되어 작품의 전반적인 분위기를 형성하는 파트이다. A파트의 첫 구간에서 들리는 강한 퍼커션 사운드는 다음 표와 같은 음향 효과의 조합으로 구성되었다.

〈표-4〉 sampled percussion에 사용된 음향 효과

악기	음향 효과 조합
sampled percussion	sampling + comb filter

A파트에서 사용된 퍼커션 사운드는 러시아의 전자음악가 <트로 피컬 인터페이스>(Tropical Interface)의 곡 Elements(2017, Orchid)의 한 구간을 샘플링한 것이다. 샘플링한 소스를 구간별로 슬라이싱한 뒤, 임의로 재조합하는 과정을 거쳤다. 재조합된 오디오 샘플은 다시 각 구간의 길이를 늘이거나 줄이는 방식으로 음정(pitch)을 조절¹⁰⁰⁾하였다.

100) 음원의 음정(pitch)는 단위시간당 frequency(주기성)에 따라 달라진다. frequency가 낮으면 저음역대의 음정을 갖게 되고, frequency가 높으면 고음역대의 음정을 갖는다. 즉, 오디오 샘플의 길이를 늘리면 단위 시간당 재생되는 frequency가 그만큼 낮아지게 되고 이로 인해 음역대는 낮아진다. 반대로 같은 단위시간당 재생되는 오디오 샘플의 길이를 짧게 하면(압축하면으로 해석해도 좋다), 그만큼 frequency가 높아지기 때문에 샘플의 음역대가 높아진다.

위와 같은 방식으로 샘플링한 음원을 녹음하여 새로운 오디오 클립으로 저장한 뒤 comb filter를 거치게 하였다. 이 음원은 미디 컨트롤러에 mapping된 comb filter의 wet/dry¹⁰¹⁾ 노브 조절을 통해 8-12% wet상태로 출력된다. comb filter의 양이 너무 많으면 입력된 음원의 원래 소리보다 comb filter의 feedback을 통해 발생하는 소리의 특성이 과하게 강조되는 현상이 발생한다. 그러나 퍼커션 사운드에서 기대했던 효과는 comb filter의 날카로운 음색을 입히는 것이었기 때문에 comb filter에 내장된 audio filter를 거쳐 700Hz 이상의 음역에만 이펙트가 적용되도록 조절하였다.

101) wet/dry는 이펙트의 적용량을 표현하는 방식이다. wet은 음향 효과가 적용된 정도를 말하고 dry는 음향 효과가 적용되지 않은 정도를 표현한다. 일반적으로 0-100% 사이의 값으로 표현하고, 사용자가 지정하는 경우에 따라 0.0-1.0 사이의 실수 값으로 표현할 수도 있다. 예를 들어, 50% wet, 50% dry는 원래의 음원의 절반만큼 음향효과가 적용되어 출력되고, 나머지 절반만큼은 음향효과가 적용되지 않은 채로 출력된다는 것을 말한다. 이 두 소리는 각각 출력되는 것이 아니라 mixer에서 섞여 하나의 소리로 출력된다.

③ B파트 연구 기술 적용

B파트는 Roland TR-808계열의 드럼 사운드¹⁰²⁾와 신스 베이스, 영국의 그라임(grime)¹⁰³⁾ 파이프너 Dizzee Rascal의 랩 아카펠라가 음악의 중심이 된다. Dizzee Rascal의 랩 아카펠라를 샘플링하고 재조합하는 방식으로 곡의 리듬을 전개했다.

<표-5> synth bass에 사용된 음향 효과

악기	음향 효과 조합
synth bass(serum)	wavetable synthesis + pitch shifting

B파트에서 전개되는 신스 베이스는 상용 가상악기인 세럼(Serum)을 이용해 만들어졌다. 본 연구에 사용된 신스 베이스는 두 개의 웨이브테이블 오실레이터와 하나의 서브(sub) 오실레이터로 구성되어 있다.

102) Roland TR-808은 1980년대 롤랜드사에서 출시한 드럼머신이다.

103) grime은 2000년대 초반 영국 런던에서 처음 등장한 전자음악의 한 장르이다. 일반적으로 140BPM의 빠른 템포를 가지고 있으며, UK Dance, UK Garage, hip hop 등에서 영향을 받아 탄생했다.

이 오실레이터들은 개별적인 파라미터들-wavetable pos, pitch, adsr 등과 같은-이 LFO에 mapping되어있어 역동적인 소리 연출이 가능했다. 위와 같은 방식으로 세럼에서 생성된 소리는 [그림-37]과 같은 이펙트 체인을 거쳐 출력된다.



[그림-37] 신스 베이스 이펙트 체인 일부

[그림-37]에서 사용된 LFO는 이펙트 체인 맨 앞의 pitch 이펙트를 조절하는 데 사용되었다. 이 LFO는 초당 한 번의 속도로 사인파를 출력하는데, 이에 따라 음정의 값이 사인파의 앰프값에 비례하여 변화하게 된다. 이후 세럼을 통해 출력된 소리는 사이드체인 컴프레서를 통해 kick의 영향을 받으면서 compression된다. 컴프레서 체인을 통과한 소리는 마지막으로 Seventh Heaven 리버브(reverb)¹⁰⁴⁾를 거쳐 출력된다.

104) 소리가 발생한 뒤에도 여전히 들리는 잔향. 공간에서 발생한 반사음으로 구성된다.

④ C파트 연구 기술 적용

C파트는 브레이크비트가 곡의 중심 요소로 작동한다. 작품의 전체 부분에서 가장 빠른 BPM¹⁰⁵⁾을 갖는 구간으로, 97BPM의 하프타임인 194BPM의 속도를 갖는다.

C파트에서는 또한 synth drone이 사용되었는데 이때 사용된 악기의 사운드 프로세싱은 다음 표와 같다.

〈표-6〉 드론에 사용된 음향 효과

악기	음향 효과 조합
synth drone	granular synthesis + wavefolding + comb filter

일반적으로 드론(drone)은 조성이 불명확한 atmospheric한 소리를 말한다. 곡의 일부 구간 혹은 전체 구간 동안 지속적으로 재생되며, 상대적으로 조성이 분명한 패드(pad)¹⁰⁶⁾와는 다른 성격의 사운드적 특성을 보인다. 드론 사운드는 〈표-6〉과 같은 음향효과 조합으로 제작되었다.

105) BPM은 Beat Per Minute의 약자로 분당 비트의 개수를 의미하는 용어이다. 일반적으로 음악의 템포를 나타낼 때 사용하는 단위이다.

106) 드론과 비슷하게 곡의 분위기를 만들어 내는 요소이다. 보통 코드(chord)를 사용하여 특정한 조성을 가지고 연주된다.

Max for Live 디바이스 myGrain을 통해 granular synthesis를 적용했다. [그림-12] granular synthesis를 통해 작은 단위에서 재조합된 음원을 time-stretching 기법을 통해 음정을 건드리지 않은 채로 음원의 길이에만 변화를 주었다.

위와 같은 방식으로 처리된 음원은 550Hz 이상에서 wavefolding 이펙트를 통과하여 많은 배음(harmonics)을 갖도록 하여 보다 단단하고 고음역이 강조되는 소리를 만들 수 있었다. 기대했던 사운드에 근접한 소리를 만들기 위해 마지막으로 comb filter를 적용하여 날카로운 음색을 입히는 작업을 진행하였다. 2650Hz에서 5620Hz사이의 음역에 필터를 설정하여 음색의 밝기를 강조했다.

⑤ D파트 연구 기술 적용

D파트는 패드와 글리치가 음악적으로 돋보이는 구간이다. C파트와 Outro를 잇는 브리지(bridge)구간으로 Intro와 더불어 작품 전체에서 가장 정적인 구간이며, 음악이 잠시 소강상태에 이르는 구간이라고 할 수 있다.

<표-7> 글리치에 사용된 음향 효과

악기	음향 효과 조합
glitch	granular synthesis + comb filter

D파트에서 사용된 글리치 사운드는 granular synthesis를 사용하였다. 글리치는 짧은 노이즈와 같은 음원을 음악적으로 사용하는 것을 말하며 보통 디지털 환경에서 발생하는 오류음을 지칭하기도 한다. 사운드 오류에서 기인하는 글리치를 재현하기 위하여 여러 샘플을 짧게 플레이백 할 수 있는 granular synthesis를 이용하였다. 랜덤 사각파(square wave)를 발생시키는 LFO를 플레이스 홀더에 mapping 하였고, 이를 통해 짧은 시간 내에 샘플의 여러 부분을 무작위로 재생하는 방식으로 글리치를 재현할 수 있었다. 이렇게 재현된 글리치는 comb filter를 거쳐 음색을 변조했다.

⑥ Outro 파트 연구 기술 적용

Outro에서는 D파트에서 전개되었던 음악적 소강상태를 지나 다시 브레이크비트가 연주된다. 이후 브레이크비트가 느리게 fadeout 되면서 작품이 마무리된다.

〈표-8〉 SFX에 사용된 음향 효과

악기	음향 효과 조합
SFX	sampling + granular synthesis + comb filter

〈Anthropocene Desolation II〉에는 여러 SFX가 사용되었다. 그 중에서도 outro에 사용된 SFX는 위 표와 같은 방식의 음향효과 조합으로 만들어졌다. 이 SFX는 트랜지션 구간에서 활용되어 D파트와 outro를 연결하는 역할로 쓰였다. Kick 샘플을 reverse하여 앰프 엔벨로프를 역순으로 플레이백하는 효과를 얻을 수 있었다. 또한 granular synthesis를 거쳐 약간의 클리치한 효과를 주었고, 마지막으로 comb filter를 활용하여 음색을 강조해주었다.

3) 영상의 구조 및 파트별 기술 적용

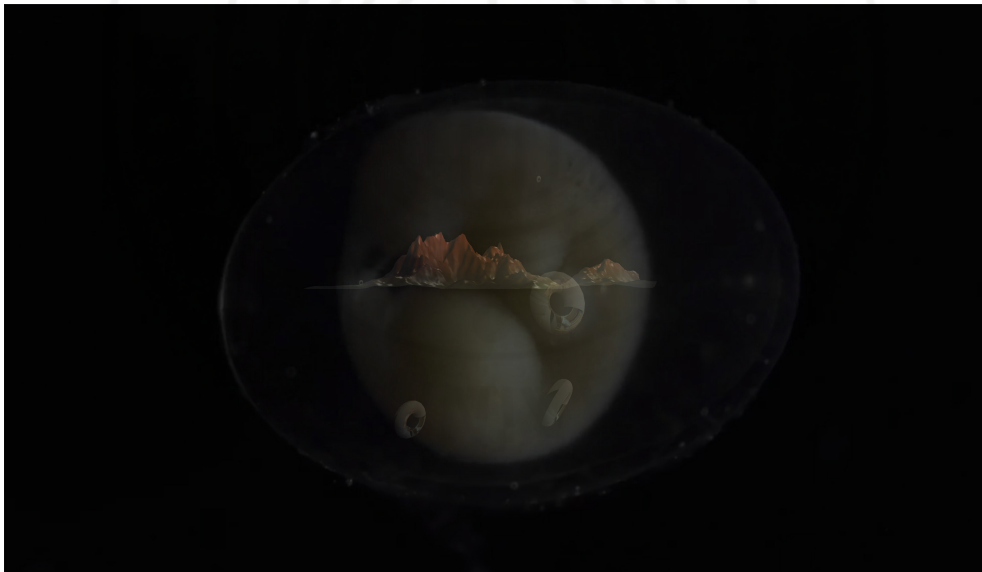
영상은 음악의 구조적 변화와 함께 전환된다. 영상의 구성은 다음의 <표-9>에서 보이는 바와 같다.

<표-9> 영상의 구조 및 파트별 주요 영상 효과

파트	중심요소	주요 영상 효과
Intro (0:00-1:23)	found footage video collage	크로스 페이드(cross fade) 비디오 오버레이(video overlay)
A (1:24-1:53)	torus particle system	미디 컨트롤을 이용한 파티클 시스템 움직임 및 크기 조절
B (1:54-2:23)	terrain particles	noise offset을 활용한 실시간 지형 변화
C (2:24-3:21)	skybox	미디 컨트롤을 이용한 스카이박스 변화
D (3:22-4:07)	torus particles	미디 컨트롤을 이용한 파티클 시스템 움직임 및 크기 조절
Outro (4:08-4:53)	terrain skybox	크로스 페이드(cross fade)

① Intro 적용 효과

작품의 도입부에는 지난 2021년 작업 <Anthropocene Desolation>의 앰비언트 사운드에 빈 스카이 박스와 파티클 시스템이 등장한다. 이때 나레이션이 나오면서 found footage¹⁰⁷⁾로 편집한 영상이 화면에 오버레이(overlay)된다. 이는 작품의 전반적인 주제를 암시하기 위한 장치이자, 다소 복잡한 구성의 음악이 시작되기 전, 관객들로 하여금 작품의 분위기를 비교적 편안하게 받아들이도록 만드는 장치이다. 나레이션이 끝난 뒤, 화면 전체가 블랙아웃되면서 A파트가 시작된다.

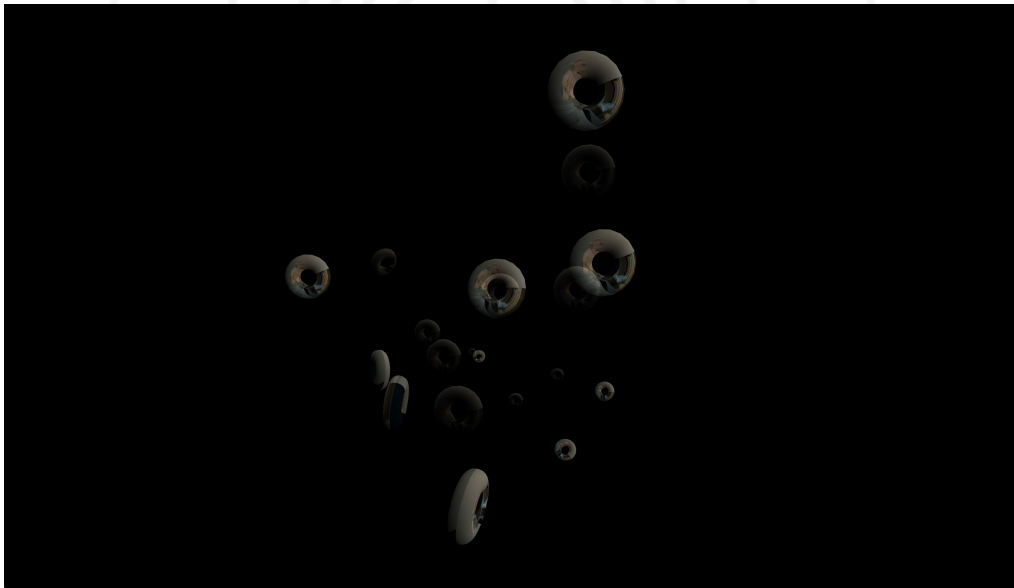


[그림-38] Intro 파트의 영상 일부

107) found footage 기법은 기존의 영상 아카이브를 임의로 재편집, 콜라주하여 새로운 영상을 만드는 기법을 말한다.

② A파트 적용 효과

A파트에서 재생되는 영상은 [그림-39]와 같다. 공격적인 퍼커션 사운드로 시작되는 구간으로, 이때 등장하는 요소는 torus 파티클 시스템이다. Intro와의 대비감을 강조하기 위하여 A파트의 전반부는 블랙아웃된 화면으로 시작된다. 이 구간에서 torus의 밀도의 차이로 인한 리듬감이 생겨난다. torus particle system은 미디 컨트롤에 mapping된 노브들을 통해 그 개수와 밀도, 움직임, 크기가 실시간으로 조절된다. 또한 파티클의 위치를 무작위로 지정하는 시스템을 제작하여 파티클의 위치에 지속적인 변화를 주었다.



[그림-39] A파트 일부

③ B파트 적용 효과

B파트는 남성의 인성(사람의 목소리)를 변조한 랩 사운드와 퍼커션이 곡을 이끌어가는 부분으로, 이때 등장하는 이미지와 영상 요소는 검은 배경에 지형과 torus particle이다. torus와 지형 이미지가 번갈아가며 화면상에서 주도권을 잡게 되어 랩과 신스 베이스가 서로 경합하는 이미지를 줄 수 있었다. 랩 사운드의 진행에 따라 terrain에 noise offset을 적용하여 마치 노이즈가 흐르는 것처럼 지형이 움직일 수 있도록 움직임을 지정해주었다.

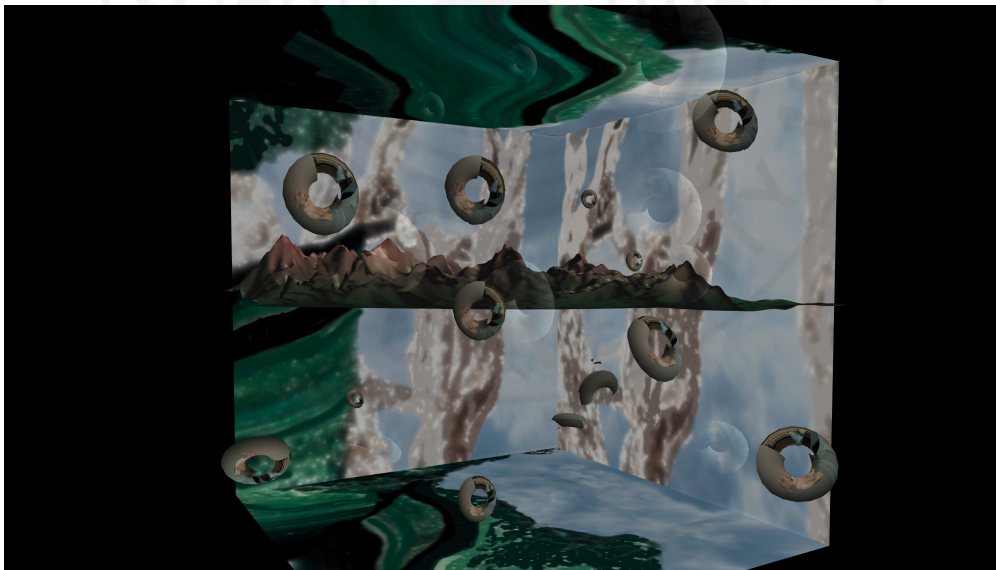


[그림-40] B파트 영상 일부

④ C파트 적용 효과

거칠고 공격적이었던 A파트에 이어 작품 전체에서 가장 빠른 구간인 B파트에서는 여성의 목소리, 브레이크비트 등 다양한 요소가 동시에 연주되는 구간이다. 따라서, 화면에서도 가장 많은 시각 요소들이 등장한다.

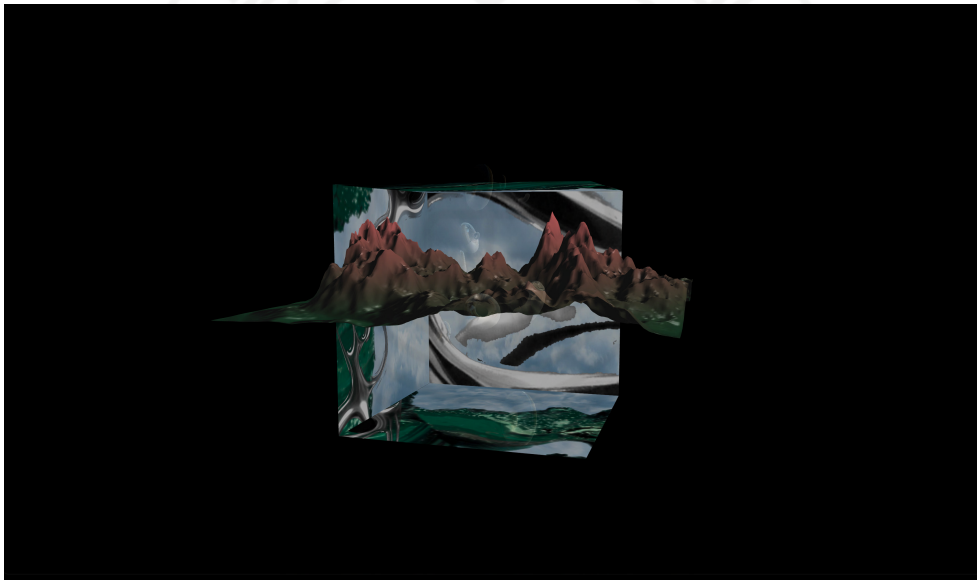
C파트의 주요 영상 요소로는 정육면체 형태의 스카이박스, torus particle system이 있다. C파트에서 악상의 변화는 스카이박스의 변화로 표현된다. 또한 카메라 워크에 변화를 주어서 카메라가 스카이박스를 바라보는 위치에 따라서 스카이박스의 형태가 달라지는 것처럼 연출하였다.



[그림-41] C파트 영상 일부

⑤ D파트 적용 효과

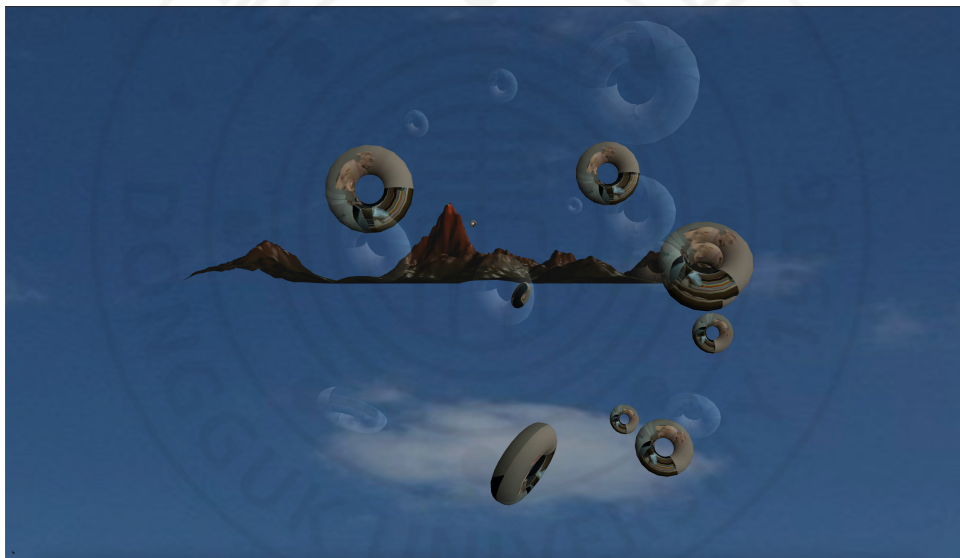
D파트는 C파트에서 Outro 사이를 연결하는 bridge파트이다. 음악의 역동성이 소강상태에 이르는 구간으로 서로 분절되고 완전히 다른 특성을 보이던 A, B, C파트 이후 곡의 각 부분이 서로 조화롭게 연결되고 마무리된다. particle system이 음악의 글리치 효과에 따라 커졌다 작아지기를 반복하면서 화면을 채운다. 그리고 후경에 있는 지형 이미지는 패드 사운드와 함께 천천히 변화한다.



[그림-42] D파트 영상 일부

⑥ Outro 적용 효과

영상이 거의 정지하고 음악의 브레이크비트 연주에 맞추어 중앙에 위치한 파티클 시스템의 크기가 천천히 커졌다 작아졌다는 반복한다. 이때 프리즈 프레임(freeze frame)¹⁰⁸⁾ 기법이 사용되어 파티클들이 크로스 페이드(cross fade) 되는 것처럼 보이도록 유도하였다. 음악이 fadeout됨에 따라서 영상도 fadeout되며 작품이 마무리된다.



[그림-43] Outro 파트 영상 일부

108) 프리즈 프레임 기법은 프레임을 정지하여 장면이 멈춘 것처럼 보이게 하는 기법이다. 본 연구에서는 프리즈 된 프레임의 알파 값을 조정하여 마치 서로 다른 두 영상이 크로스 페이드 되는 것처럼 보이도록 유도했다.

3. 작품 적용 기술의 예술적 효과

본 연구는 포스트모더니즘 이후의 포스트-포스트모더니즘 시대를 위한 전자음악을 상상한 멀티미디어 음악작품이다. 사운드 디자인과 오디오 시스템, 시각화 시스템을 모두 Max 개발 환경에 통합함으로써 연구 과제를 통합적으로 관리할 수 있었다. 또한 음악이 연주되는 Ableton Live에 최적화 되어있는 Max for Live를 활용하여 Ableton의 네이티브 환경에서 작업하는 것과 같은 작품 제작 경험을 할 수 있었다.

작품에 사용된 소리들은 개별적으로 사용된 것이 아니라 복수의 음향효과의 조합으로 디자인 되었다. 사운드적 측면에서 샘플링 기법은 복제되고 재-가공된 사운드의 예술적 가치를 조명하기 위해 사용되었다. 연구를 진행하며 오디오의 특성을 활용하여 여러 차례 실험하면서, 관념적인 부분에서 뿐만 아니라 오디오 샘플만을 가지고도 다른 사운드 프로세싱 기법에 견줄만한 흥미로운 소리를 창조할 수 있음을 확인했다.

유물론적 문화철학자인 <발터 벤야민>(Walter Benjamin, 1892-1940)¹⁰⁹⁾은, 그의 저서 『기술적 복제 시대의 예술작품』(1935)에서 “복제 기술은 복제품을 복제함으로써 일회적 현존을 대량의 현존으로 대체한다. 그리고 복제 기술은 수용자로 하여금 그때그때의 개별적 상황에서 복제품을 접하게 함으로써, 그 복제된 것을 현재화”한다고 통찰한 바 있다. 그의 통찰은 샘플링의 예술적 측면을 이해하는 데에도 유효하다. 작품 <Anthropocene Desolation II>에서 샘플링은 원본의 일부를 복제하고 이를 창의적으로 편집·가공하여 개별적 상황에서 특수하게 현재화된 미적 가치를 생산하도록 유도한다. 이때 관객들은 재생되는 소리가 샘플링된 음원임을 인지하거나 인지하지 못해도 <Anthropocene Desolation II>이라는 작품 안에서 새로운 감각적 경험을 하게 된다.

제3지대의 음악, 특히 진보적이고 공격적인 성향의 사운드를 재현하기 위하여 사용했던 comb filter는 Max for Live 악기 myCombSynth로 구현되었다. comb filter 이펙트는 특유의 날카롭고 공격적인 금속성의 음색으로 SFX, 나레이션, sampled

109) 발터 벤야민(Walter Benjamin, 1892-1940)은 마르크스주의적 유물론을 바탕으로 비판 이론과 미학, 문예이론을 연구한 철학자, 작가, 미학자이다. 『언어 일반과 인간의 언어에 대하여』(1916), 『기술적 복제 시대의 예술작품』(1935), 『역사의 개념에 대하여』(1940) 등의 저서를 남겼다. 독일계 유대인으로 나치를 피해 망명하던 중 자살로 생을 마감했다.

percussion, 드론 등 곡의 여러 중심 요소들의 사운드 디자인에 두루 사용되었다. 본 작품에서 comb filter가 효과적으로 사용된 적용 범위는 8-12% wet 내외였다. intro에는 3-5% 정도를 사용하여 음색을 약간 변조하는 데에 사용하였으나 A파트부터는 8% 이상의 comb filter 이펙트를 사용하여 차갑고 날카로운 음색으로 관객들로 하여금 고적감이라는 감정을 느끼도록 유도했다.

wavefolding은 음원의 배음을 늘리기 때문에 강하고 밀도 높은 소리를 만들어 내기에 적합하다. 따라서 wavefolding 음향 효과는 퍼커션의 타격감을 강조하는 데 주로 사용되었고, 그 외로는 패드(pad) 사운드의 밀도를 증가시키는데 효과적으로 사용되었다. 이렇게 증강된 타격감은 청자의 주의를 집중시키고 곡의 전개를 더 잘 이해하도록 하는 효과가 있었다.

granular synthesis는 입력되는 오디오 샘플의 특성과 샘플 리딩 방식, 그레인 사이즈(grain size)등 다양한 파라미터들의 조합을 통해 폭넓게 사용될 수 있는 사운드 디자인 방식이다. 위와 같은 granular synthesis의 특성을 이용하여 myGrain 악기를 나레이션, 퍼커션, 드론, 글리치 등 곡의 여러 요소에 폭넓게 활용할 수 있었다. 특히 granular synthesis로 만들어진 드론과 글리치는 관객으로 하여금 고조되었던 감각 경험이 흩어지며 점차 소강상태에 이르는 경험을 할 수 있도록 유도한다.

〈표-10〉 사운드 디자인 적용 효과

음향효과	작품 내 적용 효과	Max for Live 적용 여부
sampling	narration, sampled perc, rap, breakbeat	X
comb filter	narration, ambient, synth bass, synth drone	O
wavefolding	synth drone, sampled perc, pad	O
granular synthesis	narration, SFX, glitch, synth drone	O

오디오-비주얼 시스템을 이루는 주요 요소는 Max/MSP 알고리즘을 활용한 데이터 필터링과 FFT 알고리즘을 활용한 오디오 분석이었다. 영상과 음악을 동기화하여 실시간 인터랙션 하기 위해 정교한 데이터 필터링이 요구되었다. 따라서 원하는 정보만을 필터링하기 위해 필터링 알고리즘을 연구하였고, 이를 통해 음악과 영상을 더욱 밀접하게 관련시킬 수 있었다. 또한 트랜지언트(transient)를 검출하기 위한 알고리즘을 별도로 마련함으로써 영상이 음악의 변화에 더욱 빠르게 대응할 수 있도록 했다. 마지막으로 시간 도메인의 정보를 주파수 도메인의 정보로 변환하는 FFT 알고리즘을 오디오 분석에 활용하여 보다 정교한 수준에서의 데이

터 필터링이 가능했다.

시각화 시스템은 Jitter를 이용해 구현되었으며, 주요 시각화 요소로는 지형 이미지(terrain)과 원환체 파티클 시스템이 사용되었다. 지질학적 시간 개념인 인류세(Anthropocene)에서 느끼는 고적감(desolation)을 표현하기 위하여 보다 직접적인 대지(terrain)의 이미지를 사용하였고, 파편화되고 추상적인 음악적 구조와 음색을 표현하는 데에 원환체 파티클 시스템이 사용되었다.

이때 지형의 토대는 노이즈를 통해 형성하였고, 그 위에 glsl언어로 작업된 셰이더(shader)를 입히는 작업을 통해 더욱 생동감 있는 지형 모델링 작업을 할 수 있었다. torus particle system 또한 노이즈를 이용하여 개수와 밀도를 조절하였고 마우스의 위치에 따라 원환체의 움직임이 발생하도록 시스템을 개발하였다. 이렇게 마우스를 통해 조작되던 원환체의 움직임과 위치는 공연을 위해 미디어 컨트롤 노브에 Random MouseDel Generator를 mapping하는 방식으로 변화를 주었다.

〈표-11〉 시각화 요소의 영상 적용 효과

시각화 요소	영상 적용 효과	컨트롤 방식
terrain	대지의 이미지 인류세의 고적감이 일어나는 공간	오디오 데이터 필터링을 통한 트랜지언트 검출
torus particle system	파편화된 음악의 구조와 음색 표현	미디 컨트롤 노브를 통한 크기 및 밀도, 위치 조절

IV. 결론

본 연구는 FFT 및 다원화된 오디오 프로세싱 기법과 오디오 비주얼라이제이션을 통한 멀티미디어 음악작품 연구에 관해 다뤘다. 기술 외적 측면에서 본 연구를 설계하는 데에 가장 큰 영감을 준 것은 현대성에 대한 감각이다. 포스트모더니즘 이후의 모던을 어떻게 정의해야 하는가? 현재의 최전선에 있는 전자음악은 어떤 시대적 감성에 호소하는가? 급진적 전자음악의 시각화는 어떻게 이루어져야 하는가?

연구를 진행함에 있어, 가장 중요한 기술적 요소는 음악과 영상 사이의 인터랙션을 구현하는 것이었다. 이를 효과적으로 수행하기 위하여 여러 데이터 분석 기법들과 시각화 시스템을 디자인하였다.

영상과 음악의 조화로운 인터랙션을 구현하기 위하여 음원에서 리듬 정보를 필터링하는 시스템을 연구하였고, 그 결과 음악에서 추출한 데이터에 따른 영상의 변화를 자유롭게 연출할 수 있었다.

또한 시스템 오류를 최소화한 연구 환경을 구성하기 위하여 모든 시스템 개발을 Max 기반의 환경에서 진행하였다. 이렇게 Max 기반의 환경에서 개발된 소프트웨어는 Max for Live 디바이스를 통해 구현된다.

본 연구의 의의는 음악에서의 이론적이고 개념적인 아젠다를 현실화하고 실험했다는 데에 있다. 연구의 기술적 토대는 기존의 컴퓨터음악과 멀티미디어 음악의 성과에 많이 의지하고 있으나 쉽게 구성하기 어려운 장르를 실험하여 컴퓨터음악 공연의 음악적 다양성에 기여한 바가 있을 것으로 생각된다.

다만, 본 연구에 사용된 음악적 기반이 너무 파편화 되어 있고 복잡하여, 곡 구간 사이의 유기적 관련성을 도출하는 것이 어려운 과제가 되었다. 이는 곡의 매력인 동시에 한편으로는 듣는 이의 음악적 경험에 따라 미완성된 음악으로 들릴 수 있는 지점이다. 위와 같은 곡의 경향성은 시각화 작업에도 영향을 주었다. 곡의 요소들이 너무나도 개별적인 동시에 난해하여 시각화되는 이미지도 덩달아 난해해진 측면이 있는 것으로 보인다. 따라서 영상과 음악이 유기적으로 연결되기보다는 서로 경합하는 경향성을 보이기 때문에, 실시간 인터랙션을 두드러지게 강조하여 표현하는 것이 중요한 오디오 비주얼 작업의 특성에 다소 어울리지 않았던 것으로 평가될 소지가 있다.

마지막으로 공연 당시 데이터의 실시간 전송 시스템이 불안정했다. 시각화 데이터 정보를 OSC를 통해 무대 후면에 있는 시각화를 담당하는 컴퓨터에 입력하여 프로젝터를 통해 출력되도록 하는 것이 의도했던 데이터 제어 방식이었으나, 원인을 알 수 없는 이유로 공연 직전까지 데이터의 전송이 원활하지 않았다. 데이터 전송의 안정화 시스템을 구축하는 것은 본 연구의 추가적인 연구 과제이다.

추후 <Anthropocene Desolation II>와 관련된 추가적인 연구를 진행하기 위해서는 본 연구가 지향하였던 바를 보다 명확히 하고, 보완 연구를 통해 시스템 상의 시각화 오류와 데이터 전송 불안정을 바로 잡아야 할 것이다. 또한, 음악과 영상이 모두 난해하게 진행되도록 설계하는 것 보다는 중심을 잡아주는 역할을 하는 요소를 곳곳에 배치하는 것이 연구의 안정성 측면에서 중요할 것이라고 생각된다.

Keyword(검색어)

컴퓨터음악(computer music), 인터랙티브아트(interactive art), 하위문화(subculture), 멀티미디어음악(multimedia music), Max, MSP, Jitter, OpenGL, Max for Live

Email: yeonjukim.official@gmail.com

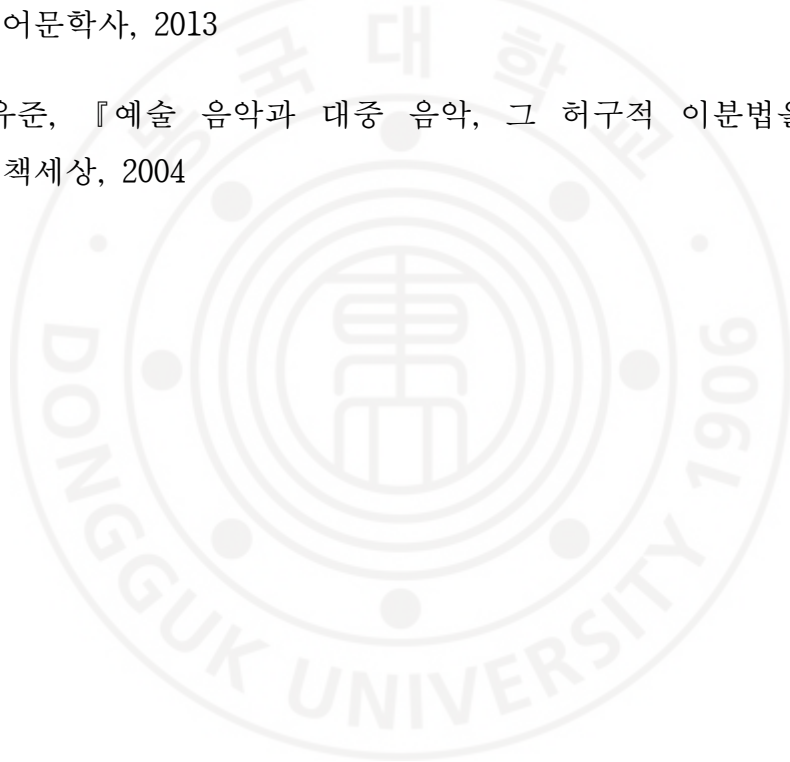
참고문헌

1. 단행본 · 학술지 및 총서

- Thomas Adajian, 「The Definition of Art」, 『The Stanford University Encyclopedia of Philosophy』, (Spring 2022 Edition), Edward N. Zalta
- Mark Ballora, 『Essentials of Music Technology』, (Pearson Education, 2003)
- Walter Benjamin, 『The Work of Art in the Age of Mechanical Reproduction』 (1935)
- Rosi Braidotti, 『The Posthuman』, (Cambridge: Polity Press, 2013)
- Nicholas Cook, 『Music: A Very Short Introduction』, (Oxford University Press, 1998)
- John Dewey, 『Art as Experience』 (1934)
- George Dickie, 「What is Art? An Institutional Analysis」, 『Art and the Aesthetic: An Institutional Analysis』, (Cornell University Press, 1974)
- Charles Dodge, Thomas A. Jerse, 『Computer Music: Synthesis, Composition and Performance』, (Schirmer Books, 1997)

- Martin Heidegger, 『The Question Concerning Technology』 (1949), ed. David Farrell Krell (New York: Harper Collins, 1993)
- Thom Holmes, 『Electronic and Experimental Music: Technology, Music and Culture』, (Routledge, 2002)
- Gareth Loy, 『Musimathics: The Mathematical Foundation of Music』, (The MIT Press, 2006)
- Aniruddh D. Patel, 『Music, Language, and the Brain』, (Oxford University Press, 2008)
- Curtis Roads, 『The Computer for Music』, (MIT Press, 1996)
- Edward Said, 『Musical Elaborations』, (Columbia University Press, 1991)
- Rick Snoman, 『Dance Music Manual』, (Focal Press, 2014)
- 김춘식, 『근대성과 민족문학의 경계』, 역락, 2003
- 김춘식, 『미적 근대성과 동인지 문단』, 소명출판, 2003
- 김춘식, 임경순 공저 『과학기술과 공간의 융합』, 한국학술정보, 2010
- 김춘식, 『불온한 정신』, 문학과지성사, 2003
- 김혜련, 『아름다운 가짜, 대중문화와 센터멘털리즘』, 책세상, 2005

- 동국대학교 컴퓨터음악연구실 편저, 『뮤직 테크놀로지와 음악 제작』, 동국대학교 컴퓨터음악연구실, 2009
- 박광현, 『이동의 텍스트, 횡단하는 제국』, 동국대학교출판부, 2011
- 박광현, 『「현해탄」 트라우마: 식민주의의 산물, 그 언어와 문학』, 어문학사, 2013
- 최유준, 『예술 음악과 대중 음악, 그 허구적 이분법을 넘어서』, 책세상, 2004



2.참고논문

- 김진우, 「우두 드럼의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한 멀티미디어음악 작품 제작 연구」(동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2021)
- 라지웅, 「Max/MSP와 Generative Art를 이용한 멀티미디어 음악 제작 연구」(동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2008)
- 오희원, 「노이즈 알고리즘에 기반한 오디오비주얼 인터랙션 시스템 디자인 연구」(동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2022)
- 이상운, 「Interactive Media Art의 구현을 위한 디지털 음향 시스템과 전자음악의 역할」(한국음악교육공학회, 2003)
- 조환희, 「베이스 트롬본과 피아노의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한 멀티미디어작품 제작 연구」(동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2019)
- 피정훈, 「실시간 음향 분석을 통한 3D Visualization 연구」(동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2008)
- 하승연, 「Particle System을 이용한 인터랙티브 멀티미디어음악 제작 연구」(동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2006)

3. 웹사이트

- Ableton: <https://www.ableton.com>
- CCRMA : <https://ccrma.stanford.edu>
- Cycling74 : <https://cycling74.com>
- Federico Foderaro : <https://www.federicofoderaro.com>
- Federico Foderaro :
<https://www.patreon.com/posts/torus-particles-16671269>
- Federico Foderaro :
<https://www.patreon.com/posts/water-surface-18999270>
- Hyperallergic : <https://hyperallergic.com>
- Keith McMillen : <https://www.keithmcmillen.com>

ABSTRACT

A Study on Real-time Interactive Audio-visual
System Design for The Creation of Multimedia
Music After The Era of Postmodernism

Kim, Yeonju

Department of Multimedia

Graduate School of Digital Image and Contents

Dongguk University

Audio-visual work of art requires technical achievements, aesthetics, and the very idea of the person who wish to create them. This study explores the technical part of the work and the idea and the cultures behind it.

Computer music has earned remarkable achievements as today's computer technology prevails and extends to other technologies and cultures. As an art-art, computer music is recognized as a serious form of art that could be studied in the academic context and has been discussed for decades in the field of academic music. And for its experimental, 'artistic' nature, computer music alienates itself from the general public.

Meanwhile, electronic music constantly extends to and absorbs the minorities and even the mass culture. Precisely, computer music is included in the context and the history of electronic music, and electronic music is also engaged in and leans on computer technology's achievements. However, to clarify this point, this study defines computer music as the counterpart of today's electronic music as there seems to be 'objective' but unseen differences between the two concepts. That is, there is relation of power, which is not visible, between computer music and today's electronic music.

This study brings today's electronic music to the academic field of computer music, in the way of audio visualization. Audio-visual

describes music in a visual form. As 3D graphics has accomplished remarkable achievements with the developments of computer technology, audio-visual art has been capable of realizing real-time interaction and more detailed visual expressions. Unlike music video, audio visual requires sophisticated data filtering, and data visualization technique.

This study suggests FFT as an advanced method of data filtering for audio visual. FFT stands for Fast Fourier Transform, and was introduced by James Cooley and John Tukey in the year of 1965. Fourier transform or Fourier analysis converts a signal from the time domain to the frequency domain and vice versa. The quality of data filtering is up to elaborate data analysis system design. FFT could be an optimized data filtering solution for this task.

The study constructs two key systems on max/MSP and Jitter. The two systems are: 1) audio data filtering system 2) audio visualization system. For establishing data controllable audio system, two different data filtering systems were used. One transform signal data to absolute numbers. The other transform signal data to frequency data. For the visual expression, jitter generated 3D models are used.

The sound design also has a great portion for this study. The multimedia piece for this study named <Anthropocene Desolation

II> has musical background of 'leftfield bass' and 'breakcore'. It's hard to define these genres by its musical structure, but generally these two genres sound 'violent' and 'metallic'. Therefore, to make this piece sounds more like these genres, this study employs comb filter, wavefolding, and granular synthesis techniques which have been known for their brutal, unique sonic features.

This study aims at building visualization system that visualizes subculture-based electronic music into three-dimensional space in real-time by detecting specific audio data using FFT audio analysis system and combining the processed data with 3D models.

부록 : 첨부 DVD 설명

Anthropocene Desolation II 공연 영상 : 2022년 11월 12일 이해랑
예술극장 공연 영상

Anthropocene Desolation II M4L patches : 작품을 위해 만들어진
Max for Live 패치

