



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

클라리넷의 실시간 음색분석을 통한
오디오-비주얼 작품 제작 연구
(멀티미디어음악 <Drift>를 중심으로)

지도교수 김 준

동국대학교 영상대학원
멀티미디어학과 컴퓨터음악전공
김 영 경

2013

석사학위논문

클라리넷의 실시간 음색분석을 통한
오디오-비주얼 작품 제작 연구
(멀티미디어음악 <Drift>를 중심으로)

김영경

지도교수 김 준

이 논문을 석사학위논문으로 제출함.

2013년 1 월 일

김영경의 음악석사학위(컴퓨터음악전공) 논문을 인준함.

2013년 1 월 일

위원장: 조 경 은



위 원: 엄 기 현

위 원: 김 준



동국대학교 영상대학원

목 차

I. 연구의 배경과 목적	1
1. 연구 배경	1
2. 연구 목적	3
II. 기술 연구	4
1. 클라리넷 음색 특징	4
2. 실시간 음색 분석 시스템	9
3. 오디오-비주얼 시스템	14
III. 작품의 실연	19
1. 작품의 의도와 표현	19
2. 작품의 구성	21
1) 작품의 시스템 구성	21
2) 작품의 전체 구성	22
3. Section별 작품의 구성 및 효과	24
1) Section A	24
2) Section B	25
3) Section C	26

4) Section A'	27
5) Section B'	29
IV. 결론 및 문제점	32
참고문헌	34
Abstract	36
부록 1 : <Drift> 악보	38
부록 2 : Max/MSP 패치	40
부록 3 : Quartz Composer 패치	41
부록 4 : 첨부 DVD설명	43

표 목 차

[표-1] 크리티컬 밴드와 주파수와의 관계	10
[표-2] 작품의 전체 구성	22

그 립 목 차

[그림-1] 클라리넷 음역별 특징	5
[그림-2] F4 niente attack 스펙트럼 변화	6
[그림-3] F4 niente attack 스펙트로그램	7
[그림-4] Bb4 double tonguing 스펙트럼	7
[그림-5] Bb4 double tonguing 스펙트로그램	8
[그림-6] Max/MSP의 analyzer~ 패치	9
[그림-7] F4 niente attack의 analyzer~ 분석 결과	12
[그림-8] 밴드별 음량값 데이터의 추출과 스케일링	13
[그림-9] OSC를 통한 데이터 송신 패치	14
[그림-10] double tonguing 저음역과 고음역 분석 결과	16
[그림-11] G5 niente attack 스펙트럼의 변화	17
[그림-12] Quartz Composer 영상 패치	18
[그림-13] 시스템 구성도	21
[그림-14] Section A의 클라리넷 연주에 따른 영상의 변화	24
[그림-15] 딜레이의 실시간 제어 패치	25
[그림-16] Section B의 Landscape 영상	26
[그림-17] Section C의 Tidal Wave 영상	27
[그림-18] Section A'의 Line 영상	28

[그림-19] 그래놀러 합성을 이용한 사운드 프로세싱 패치	29
[그림-20] Resolume Arena의 Line Scape 패치	30
[그림-21] 음량값에 따른 파도의 높이 제어	31
[그림-22] Section B'의 클라리넷 연주에 따른 영상의 변화	32

악 보 목 차

[악보-1] Section B의 주제 선율	29
[악보-2] Section B'의 Part2 주제 선율	33
[악보-3] Section B'의 Part3 주제 선율	33

I. 연구의 배경과 목적

1. 연구 배경

음악 정보를 시각 예술로 변환하려는 시도는 20세기 초 아방가르드 화가들에 의해 시작되었다.¹⁾ <칸딘스키>(W. Kandinsky, 1866~1944)는 미술도 음악처럼 점, 선, 면 등과 같은 조형 요소들을 결합하여 하나의 작품을 이룰 수 있다고 생각했기 때문에 음악과도 불리기도 하였던 대표적인 표현주의 화가로, 바그너의 오페라 <로엔그린(Lohengrin)>을 보고 “나는 정신 속에서 내가 가진 모든 색을 보았다.”라고 언급한 바 있다. 그는 그림도 음악과 마찬가지로 구체적인 형태를 띠지 않고도 추상적인 표현을 통해 감정을 전달할 수 있다고 믿었고, <로엔그린>을 통해 음악을 들으며 색을 보는 공감각을 경험한 후 이를 모티브로 하여 예술 영역을 확장시켜 총체예술을 실현하였다.

공감각(synesthesia)이란 어떤 자극에 의하여 일어나는 감각이 동시에 다른 영역의 감각을 일으키는 것으로 정의된다.²⁾ 일반적으로 소리는 귀로 듣고 영상은 눈으로 보는 것이 감각원리의 기본이다. 그러나 청각적 자극에 의해 소리를 듣는 동시에 색상을 느낀다거나 시각적 자극에 의해 색상을 보면서 소리를 느끼는 경우와 같이 다른 양상의 감각 간에 상호 영향이 생기는 것을 공감각이라 한다.

또 다른 공감각자였던 <클레>(P. Klee, 1879~1940) 역시 회화와 음악 간의 관계에 주목하여 여러 개의 색깔 층을 겹치게 함으로써 다성음악

1) 최수환, “음악 정보 추출(MIR) 알고리즘을 활용한 사운드 시각화 연구” 「한국예술종합학교 예술전문사과정 음악원 음악테크놀로지과」, (2010), 5쪽

2) 황지영, “음악의 시각화를 위한 악기음색과 색칭의 공감각적 연구” 「한국디지털아트미디어학회 학술대회 논문지」, (2003), 1쪽

(polyphonie)을 회화화하는 등 음악적 회화를 추구하였다. <스크리아빈>(A. N. Scriabin, 1872~1915)은 음정에 색을 지정하고 의미를 부여하여 음악과 미술을 통합시키는 종합예술을 시도하였다. 그는 악보에 luce(빛) 파트를 만들어 음악의 흐름에 따라 무대 조명의 색이 변하도록 작곡하였다. 50년대에 이르러 전자 음악이 등장하면서, <슈톡하우젠>(K. Stockhausen, 1928~2007), <리게티>(G. Ligeti, 1923~2006) 등의 작곡가들은 자신의 음악을 표현하기 위한 새로운 그래픽 기보법을 연구하였다. <메시아앙>(O. Messiaen, 1908~1992), <쇤베르크>(A. Schonberg, 1874~1951)등의 작곡가 또한 화성이나 악기의 음색을 색깔로 표현한 바 있다.

이와 같이 많은 예술가들이 공감각에 기반을 둔 예술의 통합을 시도하여 왔다. 오늘날 멀티미디어 시대에 접어들어 공감각에 관한 연구들은 더욱 활발히 요구 및 진행되고 있으며, 디지털 테크놀로지와의 결합을 통해 공감각적 예술의 표현 범위와 가능성 또한 확장되고 있다.

2. 연구 목적

디지털 테크놀로지의 발전으로 음악과 영상이 실시간으로 인터랙션(interaction)하며 시각화(visualization)가 가능해지면서 디지털 시스템을 이용한 시각화는 현대 미디어 아트 of 주된 표현 기술 중의 하나가 되었다. 본 연구는 이러한 음악의 시각화 기법 연구 중 하나로, 실시간으로 입력되는 클라리넷 사운드에 담겨진 정보 중 특히 음색(timbre)의 변화를 분석하였다.

연주자가 클라리넷을 여러 가지 주법과 다이내믹으로 연주했을 때, 그에 따른 음량과 음정의 차이는 물론 음색의 차이로 인해 관객은 다양한 청각적 경험을 하게 된다. 본 연구를 통해 입력되는 클라리넷 소리를 실시간으로 분석하여 클라리넷 음색의 변화에 따라 영상도 함께 변화될 수 있도록 실시간 음색 분석 시스템 및 오디오-비주얼 시스템을 제작하여 작품 <Drift>에 적용하였다. 본 연구는 작품을 통해 창작자의 의도와 작품의 의미가 관객에게 전달될 수 있도록 음악이 이끌어내는 공감각적 심상을 예술적으로 시각화하기 위한 기술적 시스템 구축을 목적으로 한다.

II. 기술 연구

1. 클라리넷 음색 특징

클라리넷이 지닌 음의 특성은 실린더형의 관, 홀리드, 마우스피스, 그리고 악기 자체의 음색에 의해 결정된다. 클라리넷은 홀리드를 사용하는 악기로 낮은 음을 세게 연주할 때에는 마우스피스를 굳게 다물기 때문에 겹리드를 사용하는 악기의 경우 소리가 떨리는 반면 마우스피스의 부리 부분, 즉 리드가 많이 진동하지 않고 매우 탁한 효과를 낸다. 반대로 높은 음을 연주할 때에는 홀리드가 연주자의 아랫입술에 의해 받쳐지면서 빠르고 자유롭게 움직이므로 소리가 여리게 난다.³⁾ 이처럼 홀리드가 자유롭게 진동하는 클라리넷의 특성 때문에 클라리넷은 최저음부터 최고음까지 음역 전체에 있어 모든 썸머임을 자유롭게 구사할 수 있다. 다른 어떤 목관악기에서보다도 클라리넷에서 더 잘 연주될 수 있는 주법이 니엔테 어택(niente attack)인데, 이것은 음이 아무 아티큘레이션(articulation)없이 거의 완벽한 적막 상태에서부터 시작되는 것을 의미한다.⁴⁾ 이렇게 극단적으로 약한 세기로 연주되는 서브톤(subtones)은 내쉬는 숨의 반 정도는 리드를 진동시켜 소리를 만들고 나머지 숨은 악기를 통해 빠져나게 하는 방법으로 노멀톤과 비교하여 부드러운 음색 특성을 가진다.

클라리넷의 음역은 최저음인 e2에서부터 샬리모(Chalumeau register), 브레이크 또는 스로우트(break or throat), 클라리온(Clarion), 상위 고음역으로 나눌 수 있는데, 음역대에 따라 음색의 변화가 다채롭고 풍부

3) 서윤희, “클라리넷에 관한 전반적인 고찰” 「성신여자대학교 대학원 음악학과」, (2003), 7쪽

4) 윤성현 역(Adler Samuel 저), 「관현악기법연구」 (수문당, 2003), 195쪽

하며 특정 연주 방식이 용이해진다. [그림-1]은 클라리넷의 음색 특징을 음역별로 나타낸 것이다.⁵⁾



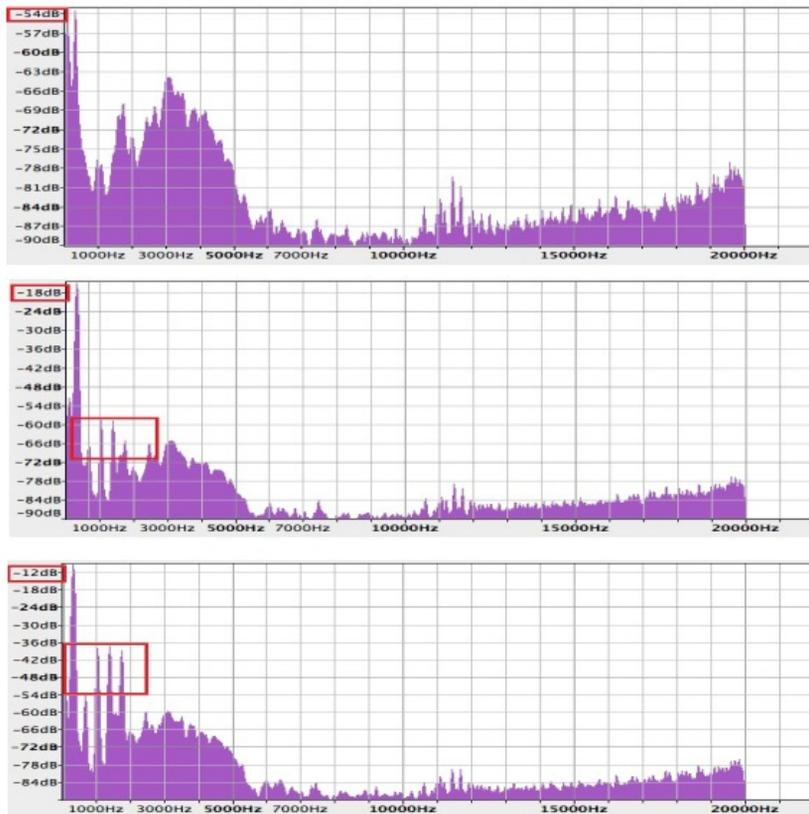
[그림-1] 클라리넷 음역별 특징

본 작품의 전반부에서는 샬리모 음역대를, 후반부에서는 클라리온 음역대를 주로 연주하여 전반부와 후반부의 음높이 차이뿐만 아니라 음색의 변화도 느낄 수 있도록 의도하였다. 샬리모 음역은 클라리넷의 최저음역으로 음색이 두텁고 풍부하며 첼로와 유사한 음질을 가지고 있다. 굉장히 조용하고 미묘하여 많은 현대 작곡가들이 가장 좋아하는 소리이기도 하다. 클라리넷 음역에서 세 번째이자 가장 폭넓은 음역대인 클라리온 음역은 모든 음계를 연주하는 운지가 가장 자유롭기 때문에 연주가 수월하며 음색이 맑고 부드러우며 선명하다.

클라리넷은 목관악기(woodwinds)로서 호흡을 이용해 연주하는 악기라는 특성을 갖는다. 목관악기는 연주자의 호흡 조절을 통해 공기 기둥이 각기 다른 종류의 튜브를 통과함으로써 다양한 음색, 증폭의 범위, 음역의 강도, 민활함, 아티큘레이션 등에 다양한 특징과 차이를 나타내게 된다. 본 작품에서 클라리넷을 니엔테 어택 주법으로 연주했을 때 연주자는 음의 첫 부분에서 호흡을 매우 약하게 조절하여 거의 들리지 않는 소리로 시작하게 되고 점차 숨을 세게 불어넣어 음량은 커지고 음색은 선명해지도록 연주한다. [그림-2]는 니엔테 어택 주법으로 F4음

5) 윤성현 역(Adler Samuel 저), 「관현악기법연구」 (수문당, 2003), 194쪽

을 연주한 클라리넷의 음원을 Audacity⁶⁾를 통해 시간의 흐름에 따라 FFT(Fast Fourier Transform) 분석한 스펙트럼이다. 윈도우 타입은 Blackman으로, 윈도우 사이즈는 1024로 적용하였으며 한 음을 약 2초 간격으로 세 번에 걸쳐 음색의 변화에 따라 편집하여 분석하였다.

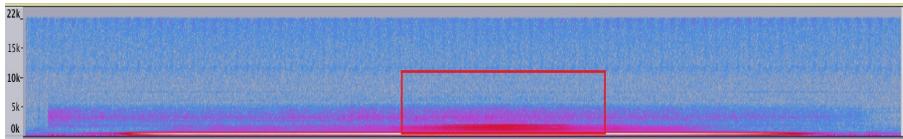


[그림-2] F4 niente attack 스펙트럼 변화

[그림-2]에서 한 음을 니엔테 어택으로 길게 연주했을 때 클라리넷 음색이 변화하는 모습을 볼 수 있다. 음의 앞부분은 음량이 작아 가장 큰 배음의 음량이 -54dB로 나타나 있으며 배음이 뚜렷하게 나타나 있

6) 오디오 녹음 및 편집을 위한 오픈소스 소프트웨어

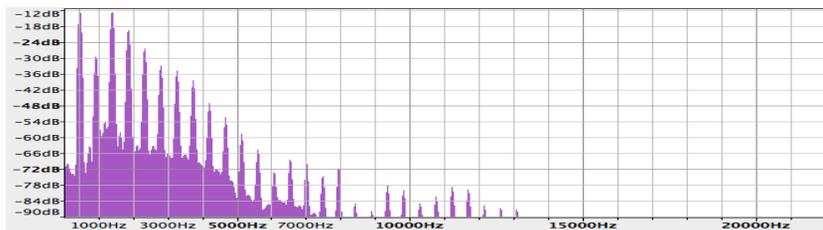
지 않다. 또한 노이즈가 많아 희미한 느낌을 주게 된다. 시간이 흐름에 따라 가장 큰 배음의 음량이 -12dB로 점차 커지면서 배음이 뚜렷하게 나타나고 음색이 선명해진다. [그림-3]은 스펙트로그램(spectrogram)으로, 시간 변화에 따른 주파수 성분의 변화를 농도, 혹은 색의 차이로 나타낸다.



[그림-3] F4 niente attack 스펙트로그램

스펙트럼 분석 결과에서 확인한 바와 같이 시간이 흐름에 따라 음량이 커지고 배음이 뚜렷해지며 음색이 선명해지는 부분에서 스펙트로그램의 색 또한 진하고 선명해짐을 확인할 수 있다.

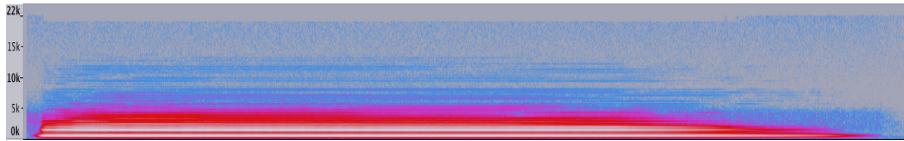
니엔테 어택 주법과 달리 더블 텅잉(double tonguing)으로 한 음을 센 호흡으로 연주할 경우 처음부터 선명하며 맑고 날카로운 느낌을 준다. [그림-4]은 Bb4음을 더블 텅잉으로 연주했을 때의 음원을 FFT 분석한 것이다.



[그림-4] Bb4 double tonguing 스펙트럼

니엔테 어택 주법으로 연주한 음원에 비해 노이즈가 적고 0Hz부터 약 10kHz까지의 배음이 뚜렷하고 일정한 간격으로 나타나 있으며 시

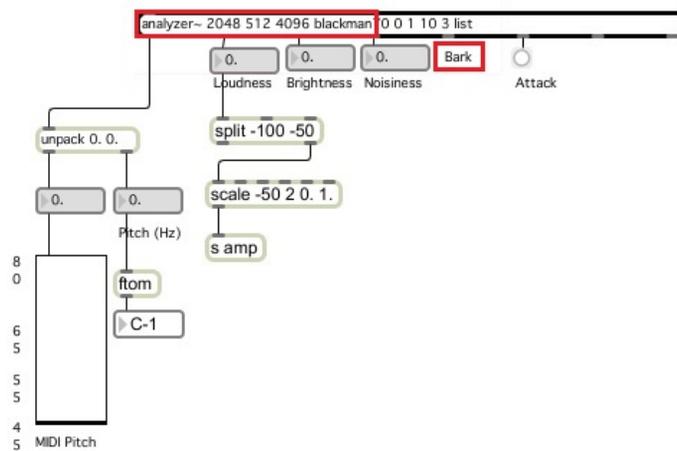
간의 흐름과 관계없이 음색이 비교적 일정함을 알 수 있다. [그림-5]의 스펙트로그램은 [그림-4]에서 나타난 바와 같이 약 10kHz까지의 주파수 성분이 시간의 흐름과 관계없이 전반적으로 매우 진한 색으로 나타나고 있으며 음색 또한 또렷하고 선명함을 시각화해주고 있다.



[그림-5] Bb4 double tonguing 스펙트로그램

2. 실시간 음색 분석 시스템

마이크를 통해 입력되는 클라리넷 음원의 실시간 음색 분석을 위해 Max/MSP⁷⁾의 analyzer~ 오브젝트를 사용하였다. analyzer~는 입력되는 음원의 음고(pitch), 음량(loudness) 및 FFT를 실시간으로 분석해주는 오브젝트로, 본 연구에서는 윈도우 타입을 Blackman으로, 윈도우 사이즈를 2048로 선택하여 사용하였다. [그림-6]는 클라리넷 음원의 실시간 음색 분석을 위해 analyzer~를 사용한 Max/MSP 패치이다.



[그림-6] Max/MSP의 analyzer~ 패치

analyzer~에서는 [그림-6]에서 나타난 바와 같이 바크 스케일(bark scale)을 기반으로 하여 스펙트럼을 분석한다. 바크 스케일은 심리음향학에 근거하여 인간의 가청범위를 약 25개의 크리티컬 밴드(critical band)로 나눔으로써 인간이 소리를 구분 짓는 척도를 나타낸다. 동일

7) Cycling74에서 개발한 객체(object)지향의 실시간 컨트롤이 가능한 응용프로그램

한 마스킹 임계치를 가짐으로써 마스킹 효과가 일어나는 주파수의 대역폭을 크리티컬 밴드라고 하며, [표-1]은 크리티컬 밴드와 주파수와의 관계⁸⁾를 나타낸다.

[표-1] 크리티컬 밴드와 주파수와의 관계

Critical band Number	Lower Edge(Hz)	Center(Hz)	Upper Edge(Hz)
1	0	50	100
2	100	150	200
3	200	250	300
4	300	350	400
5	400	450	510
6	510	570	630
7	630	700	770
8	770	840	920
9	920	1000	1080
10	1080	1170	1270
11	1270	1370	1480
12	1480	1600	1720
13	1720	1850	2000
14	2000	2150	2320
15	2320	2500	2700
16	2700	2900	3150
17	3150	3400	3700
18	3700	4000	4400
19	4400	4800	5300
20	5300	5800	6400
21	6400	7000	7700
22	7700	8500	9500
23	9500	10500	12000
24	12000	13500	15500
25	15500	19500	

8) 김태준, “청각특성을 이용한 개선된 적응 스펙트럼 차감법” 「인하대학교 대학원 컴퓨터·정보 공학과」, (2005), 11쪽

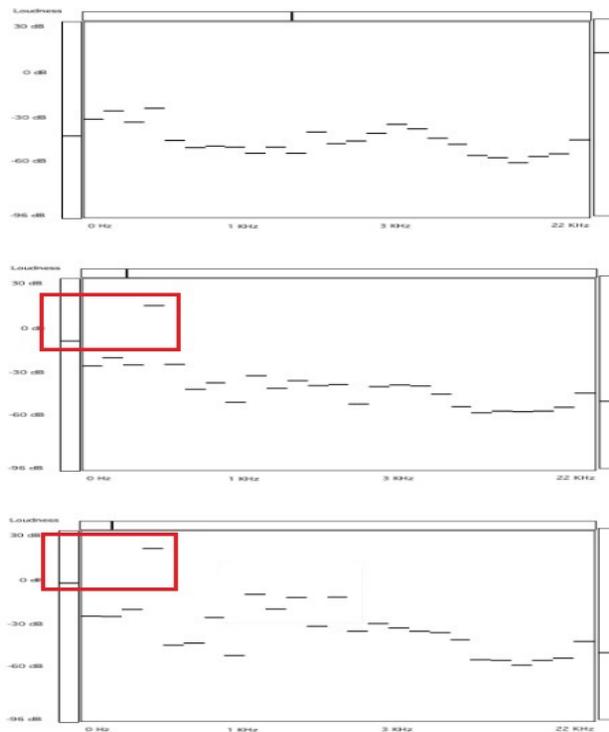
큰 음과 작은 음이 동시에 발생하였을 때 큰 음에 의해 작은 음이 차단되어 들리지 않게 되는 현상을 마스킹(masking)라고 하는데, 이 때 큰 음을 마스커(masker), 작은 음을 마스크(maskee)라 한다. 마스크는 마스커에 의해 계산된 마스킹 임계치(masking threshold)이상의 음만 가청되어진다. [표-1]에서와 같이 특정 대역폭 안에서 마스커에 해당하는 신호 스펙트럼은 일반적으로 그 근처 주파수의 스펙트럼을 마스킹하게 되어 크리티컬 밴드 안에서 실제로 인간이 인식할 수 있는 주파수가 마스커 주파수가 된다. 크리티컬 밴드의 폭은 1kHz 이하의 주파수에서는 100Hz의 폭으로 거의 일정하고, 1kHz 이상에서는 주파수에 비례하여 증가하는 특징을 가지고 있다.

analyzer~에서는 연속적인 실시간 FFT 분석 결과를 25개의 크리티컬 밴드를 이용하여 계단식으로 나타낸다. 25개의 밴드는 인간이 인식할 수 있는 대표적인 주파수 대역으로 이루어져 있으며 -96dB부터 30dB까지 나타나는 각 밴드의 음량값(loudness)은 청자가 음색을 구분하는 의미 있는 데이터가 된다.

위에서 언급했듯이 본 작품에서 주로 사용되는 클라리넷의 음역대는 샬뤼모와 클라리온 음역으로, E2부터 F4를 나타내는 샬뤼모 음역을 주파수로 나타내면 약 82.41Hz부터 약 349.2Hz이다. 클라리온 음역은 B4부터 C6으로 나뉘며 마찬가지로 주파수로 나타내었을 때 약 493.9Hz부터 약 1047Hz이다. analyzer~는 각 밴드의 정확한 주파수 대역폭을 나타내 주지는 않는다. 그러나 [표-1]에서 나타나는 크리티컬 밴드와 주파수와의 관계에 근거하여 analyzer~를 통해 음색 분석한 결과 본 작품에서 청각적으로 의미 있게 변화하는 밴드를 선택할 수 있었다. 본 작품에서 사용하는 클라리넷 음원을 analyzer~를 통해 실시간으로 FFT 분석하였을 때 4번째와 8번째, 9번째 밴드의 음량값 변화가 클 때 음색과 음고의 변화를 느낄 수 있었다. [표-1]에서 볼 수 있듯이 4

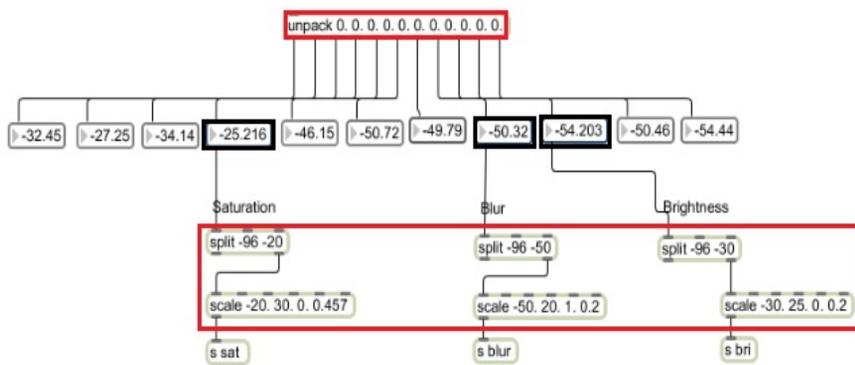
번째 크리티컬 밴드는 인간이 약 300Hz부터 400Hz까지의 주파수 대역을 모두 비슷하게 인식함을 의미하며 중심 주파수는 약 350Hz임을 나타내고 있다. 마찬가지로 8번째 밴드는 840Hz, 9번째 밴드는 1000Hz의 중심 주파수를 갖는다.

[그림-7]은 F4음을 니엔테 어택 주범으로 연주한 클라리넷 음원을 analyzer~를 통해 시간의 흐름에 따라 분석한 결과이다. 위에서 언급했듯이 F4는 주파수로 나타냈을 때 약 349.2Hz이며 분석한 결과 다른 밴드들에 비해 중심 주파수를 약 350Hz로 갖는 4번째 밴드의 음량값 변화가 시간에 따라 약 -50dB에서 약 19dB까지 급격히 이루어짐을 확인할 수 있다.



[그림-7] F4 niente attack의 analyzer~ 분석 결과

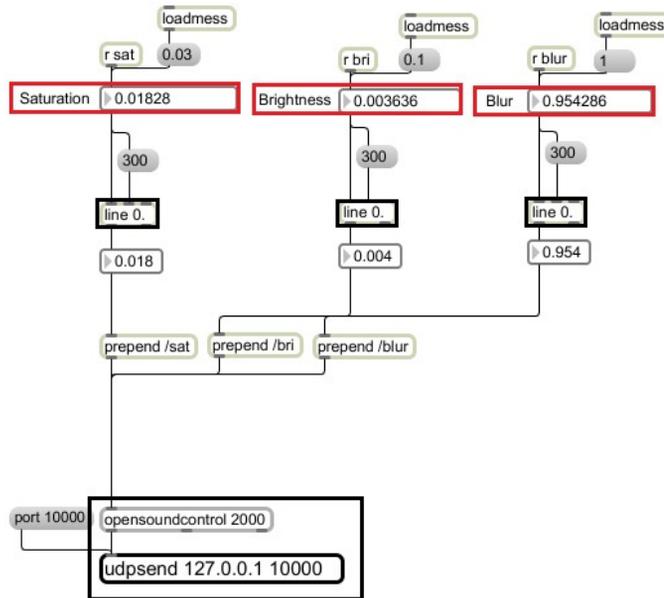
[그림-8]과 같이 unpack오브젝트를 통해 위 3개 밴드의 실시간으로 변화하는 음량값 데이터를 추출하였다. 영상 컨트롤에 필요한 적절한 범위의 데이터를 얻기 위해 각각 split오브젝트를 이용하여 필요한 범위의 수치를 얻은 후 scale오브젝트를 이용하여 원하는 범위의 수치로 변환하였다.



[그림-8] 밴드별 음량값 데이터의 추출과 스케일링

3. 오디오-비주얼 시스템

Max/MSP의 analyzer~를 통해 얻은 3개의 밴드 음량값을 실시간으로 영상 컨트롤에 이용하기 위해 OSC(Open Sound Control) 프로토콜을 이용하였다. OSC를 통해 동일한 IP 주소를 갖는 네트워크 상에서 하드웨어와 소프트웨어 사이의 데이터를 송신 및 수신할 수 있다. Max/MSP의 데이터를 [그림-9]에서와 같이 udpsend오브젝트를 통해 Quartz Composer⁹⁾로 전송하여 영상 처리에 사용하였다.



[그림-9] OSC를 통한 데이터 송신 패치

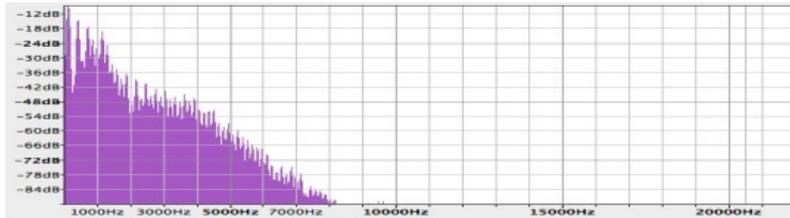
9) Apple에서 개발한 Visual Programming 환경

위 [그림-9]에서는 3개의 데이터가 Quartz Composer로 전송되는 모습을 볼 수 있다. 각 밴드의 음량값은 마이크로 입력되는 클라리넷 연주 상황에 따라 미세하고 급격하게 변화하므로 영상 변화가 갑작스럽고 부자연스러울 수 있다. 따라서 자연스러운 영상 변화를 위해 [그림-9]에서 나타난 바와 같이 line오브젝트를 사용하여 모든 데이터의 변화가 300ms의 여유 시간을 갖고 일어나도록 하였다. 위와 같은 과정을 거쳐 얻은 3개의 데이터는 Quartz Composer에서 제작한 영상 패치에 매핑되어 영상을 컨트롤하는데, 매핑을 위해 공감각(synaesthesia) 요소 중 색청(color-hearing)¹⁰⁾을 토대로 음색과 명도(brightness), 음색과 채도(saturation)와의 관계를 연구하였다.

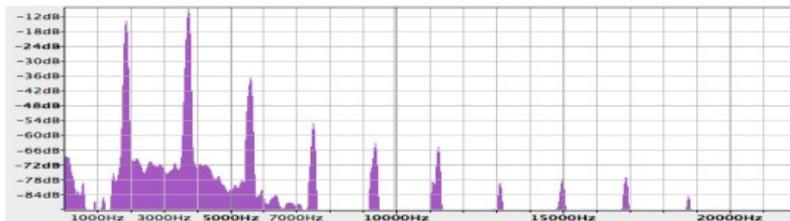
명도는 색채의 밝기 정도를 말한다. 보통 높은 소리는 밝은 색으로, 낮은 소리는 어두운 색으로 느끼게 된다.¹¹⁾ 다음의 [그림-10]의 (a)는 클라리넷으로 D3음을 연주한 음원의 스펙트럼(음) 분석한 결과이다. 약 146.8Hz의 기본 주파수를 가지며 저음역에 속한다. 이와 같이 낮은 소리는 배음과 배음 사이의 간격이 좁고 배음의 수가 많아져 음색이 어둡다고 느끼게 된다. 반대로 (b)는 Bb6음을 연주한 음원으로 약 1865Hz의 주파수를 가지며 고음역이다. 이처럼 높은 소리는 배음과 배음 사이의 간격이 넓고 배음의 수가 적어서 밝은 음색으로 느껴진다.

10) 일정한 소리를 들으면 일정한 색채를 느끼게 되는 현상

11) 오슬야, “바이올린의 실시간 음색 분석을 통한 오디오-비주얼 작품 제작 연구” 「동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과」, (2011), 34쪽



(a) D3 double tonguing



(b) Bb6 double tonguing

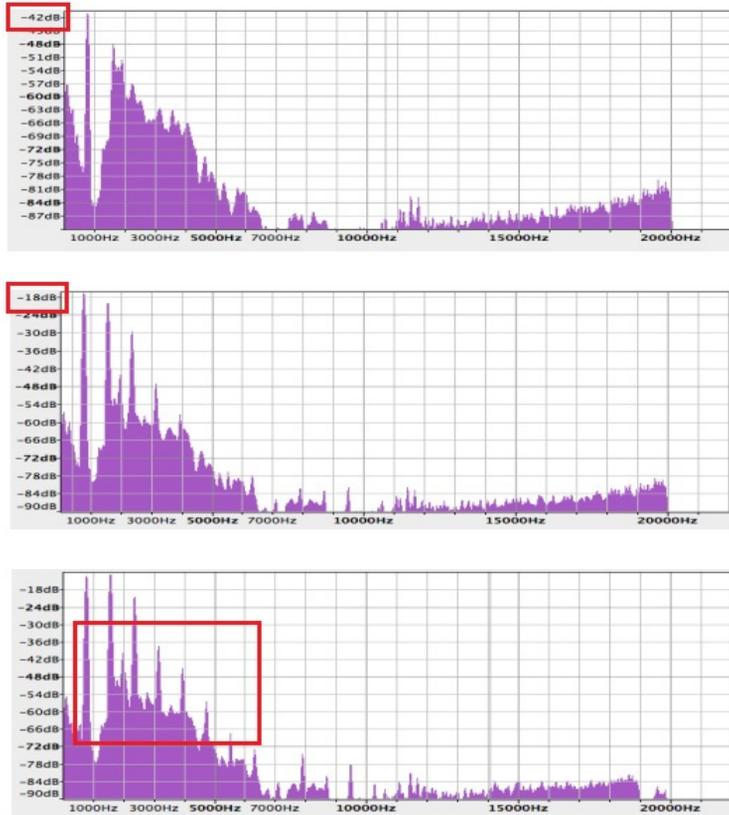
[그림-10] double tonguing 저음역과 고음역 분석 결과

채도는 색채의 강도 혹은 순수성의 정도를 말한다. 배음이 뚜렷하고 노이즈가 적은 선명한 음은 고채도로 표현할 수 있으며 반대로 노이즈가 많고 배음이 뚜렷하게 나타나지 않는다면 저채도로 표현할 수 있다.¹²⁾

다음의 [그림-11]은 G5음을 니엔테 어택으로 연주한 음원을 시간에 따라 약 2초 간격으로 스펙트럼 분석한 결과이다. 처음에는 음량이 작아 가장 큰 배음의 음량이 -42dB로 나타나고 있으며 배음이 뚜렷하지 않고 노이즈가 많다. 시간의 흐름에 따라 음량이 커지면서 가장 큰 배음의 음량이 -18dB로 나타나며 점차 노이즈에 비해 주요 배음이 뚜렷해짐을 확인할 수 있다. 따라서 처음에는 채도가 낮은 탁한 색으로 표

12) 오슬야, “바이올린의 실시간 음색 분석을 통한 오디오-비주얼 작품 제작 연구” 「동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과」, (2011), 36쪽

현되지만 점차 채도가 높아지면서 순수한 색에 가깝게 표현할 수 있다.

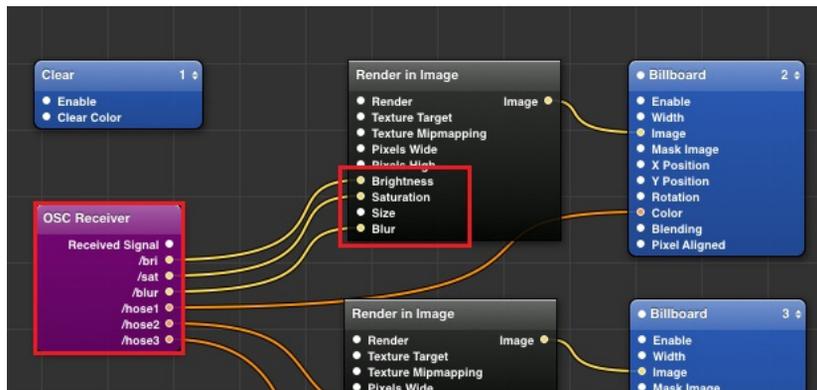


[그림-11] G5 niente attack 스펙트럼의 변화

Max/MSP의 analyzer~를 통해 얻은 3개 밴드의 음량값 데이터는 본 작품에서 가장 특징적으로 변화하는 배음의 음량값 및 음고에 대한 정보를 수치화한 것으로, Quartz Composer에서 제작한 영상 패치의 명도와 채도, 즉 패치 상에서 Brightness와 Saturation 값을 컨트롤하는 데 적합하였다. 또한 다양한 스펙트럼 분석 결과에서 노이즈가 많고 배음이 뚜렷하지 않을 때보다 주요 배음이 뚜렷하게 나타나고 주요 배음의 음량값이 클 때 음이 선명하고 맑게 들린다는 점에 착안하여, 영

상 패치의 Blur¹³⁾ 항목이 컨트롤되도록 데이터를 매핑하였다. 그 결과 특정 밴드의 음량값이 작았다가 시간의 흐름에 따라 커질 때 영상 또한 흐릿하다가 또렷해지며 시야가 맑아지는 효과가 나타난다.

[그림-12]에서와 같이 OSC Receiver 패치를 통해 Max/MSP로부터 송신된 데이터를 Quartz composer에서 수신한다. 소스 이미지의 채도, 명도, 대비(contrast)를 컨트롤하는 패치에 OSC를 통해 수신된 데이터를 각각 Brightness와 Saturation 항목에 매핑하여 영상의 채도와 명도가 실시간으로 변화 가능하게 하였으며, 최종 영상을 생성하는 패치의 Blur 항목에도 매핑하여 영상의 흐릿함과 또렷함의 정도가 실시간으로 변화하게 된다.



[그림-12] Quartz Composer 영상 패치

13) 이미지 초점을 탈초점 상태로 만들어 흐릿하게 보이게 하는 영상기법

Ⅲ. 작품의 실연

1. 작품의 의도와 표현

현대를 살아가는 사람들은 누구나 고립된 하나의 섬과 같다. 사람들은 끝없이 표류(drift)하며 많은 사람을 마주하고 의사소통을 시도하지만 본질적으로 모든 커뮤니케이션은 불안하고 위태롭다. 사람들은 서로 다르고 그 다름을 온전히 받아들일 수 없기 때문이다. 그리하여 때로는 상처가 남는다. 고립된 개인의 공간에서 서로에게 받아들여지지 않은 말들이 부딪치며 맴돌다가 덧없이 사라진다. 그러나 상처를 각오하면서도 끊임없이 사람들은 서로 마주본다. 고독한 표류의 끝에 만난 희망이었기 때문이다. 작품 <Drift>는 서로를 포용할 수도 있고 반대로 파괴시킬지도 모르는 어느 한 순간 표류의 끝, 아주 잠시 서로를 받아들이는 불완전하고 위태로운 커뮤니케이션의 아름다움과 안타까움을 표현하고자 제작되었다.

현대 사회에서 개개인이 고립된 하나의 섬 같은 존재라는 생각에 착안하여 각각의 섬들이 망망대해를 표류하며 만나게 되고 커뮤니케이션을 시도할 것이며 그로 인해 상처받기도 하고 치유받기도 한다는 작품 스토리를 생각하였고 그 배경으로는 개인들이 끝없이 나아가야 하는 앞으로의 삶을 표현하는 공간을 의미하는 바다와 수평선의 컨셉을 선택하였다. 바다 한가운데에서 끝없이 펼쳐진 수평선을 바라본다는 것은 가로막는 것이 없기 때문에 완전한 자유로움으로 여겨질 수도 있지만 한 개인으로서 감당하기 힘든 광활함은 역으로 광활한 공간에 오직 자기 자신밖에 없는 완전한 고독과 고립된 공간을 의미한다고 생각하였다. 그렇게 고립된 개인으로써 바라보는 잿빛의 바다는 흐릿하고 막

연하게 일렁이지만 작품이 진행되고 타인과의 만남을 통해 의미를 갖게 되며 선명한 푸른색으로 물들고, 또 작품의 후반부에서는 보다 다양한 색깔로 선명하게 변화하며 한 개인이 타인을 만나며 겪는 다양한 감정 표현을 나타낸다.

고립된 공간 안에서 소리들은 메아리치며 자폐적으로 반복되기도 하고 변형되어 돌아오기도 한다. 클라리넷 사운드에 실시간으로 딜레이(delay)¹⁴⁾이펙트가 적용되고 그레놀러 합성(granular synthesis)¹⁵⁾에 의해 프로세싱 된 사운드가 만들어지며 어떤 커뮤니케이션의 결과는 보다 선명한 기억과 상흔을 남김을 표현하게 된다. 감정이 격해질수록 소리는 파괴(distortion)되어 기계적인 소음을 만들어낸다. 그러나 거친 소음 속에서도, 혹은 평온이 찾아오는 순간 서로를 향한 조심스러운 커뮤니케이션의 조짐을 엿볼 수 있다.

호흡을 통해 연주하는 목관악기를 사용하는 본 작품의 특성상 희미하게 일렁이는 영상에 연주자의 연주를 통해 물감을 붙여 선명하게 번지도록 한다는 컨셉을 선택하였다. 연주자가 희미하고 탁한 음색으로, 혹은 또렷하고 선명한 음색으로 호흡을 조절하여 클라리넷을 연주함에 따라 스펙트로그램 분석 결과에서 확인한 바를 기초로 하여 영상이 변화하도록 작품을 제작하였다. 또한 작품 컨셉에 맞추어 연주자는 거의 모든 음을 끝맺을 때 서서히 숨을 약하게 내쉬며 여운을 남김으로써 영상의 변화가 갑작스럽게 이루어지지 않도록 의도하여 연주하였다.

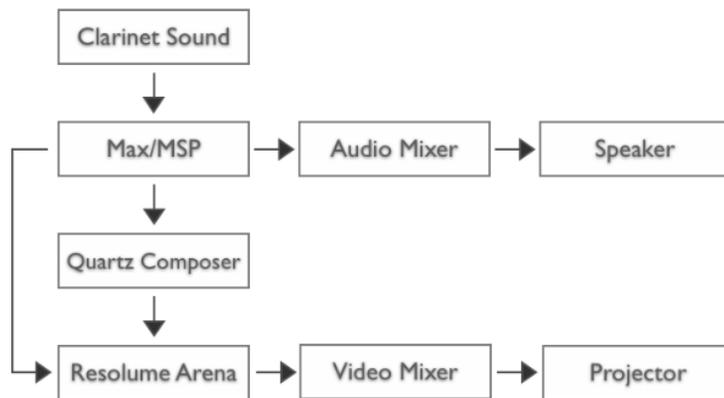
14) 생성되는 소리의 시간을 지연 또는 반복할 수 있는 음향 효과

15) 낱알같이 짧은 소리들을 모아서 하나의 이어진 다른 소리를 만드는 음향 합성

2. 작품의 구성

1) 작품의 시스템 구성

본 작품의 전체적인 시스템 구성은 [그림-13]과 같다.



[그림-13] 시스템 구성도

클라리넷 연주는 마이크를 통해 Max/MSP로 입력되어 실시간 분석된다. 분석된 데이터는 OSC를 통해 Resolume Arena¹⁶⁾와 Quartz Composer에 동시에 전송되어 영상을 생성하고 컨트롤한다. Resolume Arena에서 작품이 진행됨에 따라 전환되는 최종 영상이 비디오 믹서를 통해 스크린에 나타나게 되고, Max/MSP에서 클라리넷 사운드가 실시간으로 프로세싱된다.

16) Resolume에서 제작한 Vjing을 위한 프로그램

2) 작품의 전체 구성

[표-2] 작품의 전체 구성

구성		주제	시간	사운드	영상
A	Part1	Intro	0:00~1:08	테이프음악 클라리넷	Fade In
	Part2	Meet	1:09~1:59	테이프음악 클라리넷	Color of Sea
B	Part3	Conflict	2:00~3:04	테이프음악 클라리넷	Landscape
				프로세싱 사운드	
C	Part4	Destruction	3:05~3:54	테이프음악	Tidal Wave
A'	Part5	Isolation	3:55~4:16	테이프음악 클라리넷	Line
				프로세싱 사운드	
A'	Part6	Restart	4:17~4:57	테이프음악 클라리넷	Color of Sea, Horizon
				프로세싱 사운드	
B'	Part7	Drift	4:58~7:10	테이프음악 클라리넷	Color of Sea, Horizon, Tidal Wave
				프로세싱 사운드	

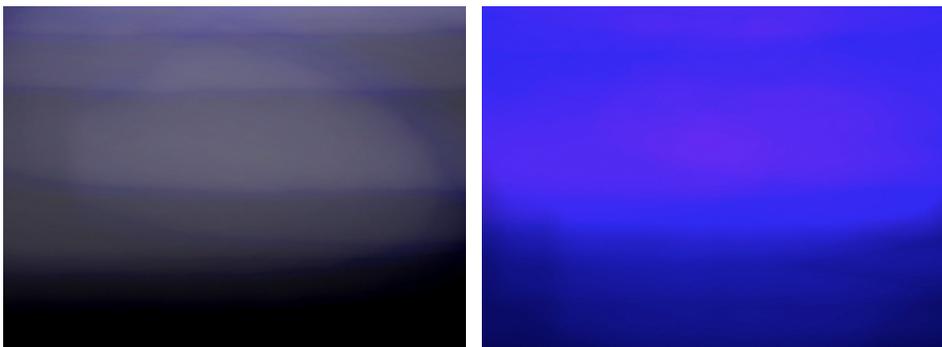
본 작품의 전체적인 구성은 [표-2]와 같이 A-B-C-A'-B'의 다섯 부분으로 나뉜다. 하나의 섬과 같은 고립된 개인이 끝없는 바다를 표류하며 겪는 여정에 따라 음악과 영상이 표현된다. 테이프음악은 가상악기(VSTI)를 이용한 음원과 녹음된 클라리넷 사운드를 편집 및 프로세싱하여 제작하였다. 작품에 사용된 영상은 Quartz Composer와 Resolume Arena로 제작하였고 OSC를 통해 실시간 제어하였다. 영상은 Section에 따라 클라리넷 연주와 인터랙션을 이룬다. Max/MSP에서 실시간으로 음색 분석된 데이터와 매핑되어 바다의 색을 변화시키는 Color of Sea, 클라리넷 연주의 음량값에 따라 높이가, 이펙트의 적용 정도에 따라 피드백의 양이 변화하는 수평선(Horizon)와 파도(Tidal Wave), 작품을 위해 제작 및 프로세싱한 Landscape와 Line 영상의 총 다섯 종류가 사용되었다. 또한 작품이 진행됨에 따라 딜레이와 그래놀러 합성을 이용한 사운드 프로세싱이 실시간으로 적용되었다.

3. Section별 작품의 구성 및 효과

1) Section A

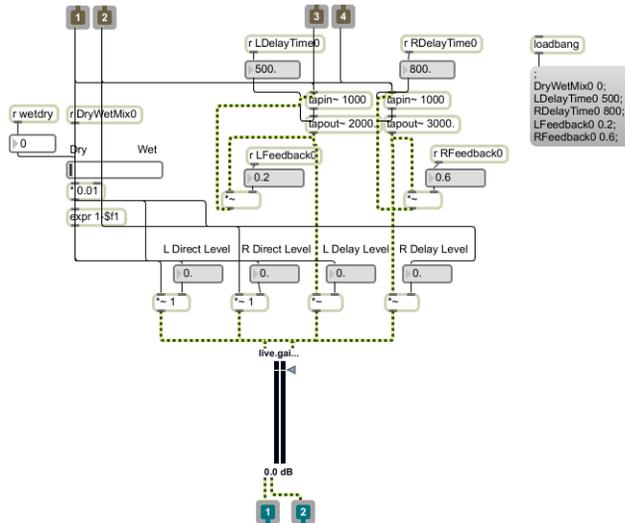
Section A는 두 파트로 세분화할 수 있다. 첫 번째 파트는 인트로 성격을 갖고 있으며, 클라리넷의 단조로운 연주로 커뮤니케이션의 의도 없이 고립된 공간에서의 개인을 묘사하였다. 연주가 시작되면서 멀리 보이는 추상적인 어두운 바다 이미지가 서서히 선명해진다.

두 번째 파트는 타인과의 만남에 대한 기대감과 설렘, 또한 낯선 것에 대한 두려움과 조심스러움을 표현하고자 의도하였다. 클라리넷 연주자는 멜로디를 이루는 긴 음 하나하나를 니오펀드 어택으로 연주한다. 음의 첫 부분은 노이즈가 많고 배음이 뚜렷하지 않으나 음색이 선명해지며 배음이 뚜렷해진다. Max/MSP에서의 실시간 음색 분석 결과에 따라, 한 음 한 음이 연주될 때마다 영상의 바다 이미지는 [그림-14]에서와 같이 어두운 잿빛에서 선명한 푸른색으로 변화하였다가 다시 잿빛으로 희미해지며 그라데이션(gradation)을 이룬다.



[그림-14] Section A의 클라리넷 연주에 따른 영상의 변화

파트의 끝부분에서는 클라리넷에 딜레이 이펙트가 적용되며 여운을 남긴다. 효과적인 음악적 표현을 위해서이기도 하지만 홀로 고립된 공간에서의 자폐적이고 반복적인 혼잣말, 혹은 타인과의 커뮤니케이션의 실패로 벽에 부딪쳐 맴돌다가 덧없이 사라져가는 메시지에 대한 표현을 의도하였다. [그림-15]은 Max/MSP의 tap~오브젝트를 이용한 딜레이의 실시간 제어 패치를 보여준다.



[그림-15] 딜레이의 실시간 제어 패치

2) Section B

서서히 타인과의 관계에서 갈등이 빚어지고, 기대와 달리 어긋나는 커뮤니케이션에 대한 안타까움과 상심을 표현한 부분이다. 클라리넷은 [악보-1]의 주제 선율을 연주하며 딜레이 이펙트가 적용된다. 이 멜로디는 Section B'에서 변형되어 재사용된다.



[악보-1] Section B의 주제 선율

After Effect CS5¹⁷⁾를 이용하여 제작한 영상을 Resolume Arena에서 컨트롤하여 작품에 사용하였다. 어둠 속에서 빛은 터져나오는 듯 하다가 일그러지고 소용돌이에 빨려들어간다. 풍경 또한 일그러지고 왜곡되며 물 속에서 보듯 번지며 사라진다([그림-16]).



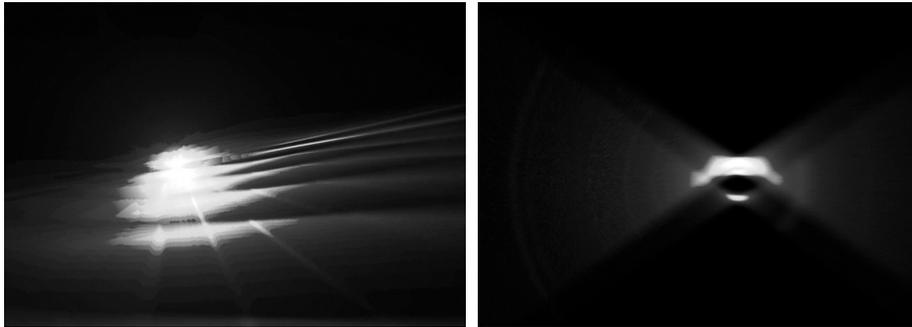
[그림-16] Section B의 Landscape 영상

3) Section C

Section C는 불완전한 커뮤니케이션으로 인해 타인과 나 자신의 어느 부분이 파괴되고 혼란스러운 감정을 견잡을 수 없음을 표현한 부분이

17) Adobe에서 제작한 영상 효과 프로그램

다. 커뮤니케이션의 결과를 묘사하는 파트이므로 본 작품에서 화자에 해당하는 클라리넷의 연주 없이 테이프음악으로만 진행된다. 테이프음악은 Section B의 테이프음악에 리버스(reverse)와 타임 스트레치(time stretch)¹⁸⁾등을 이용해 프로세싱한 후 디스토션(distortion) 이펙트를 사용하여 제작하였다. 커뮤니케이션으로 빚어지는 갈등을 재해석하고 그로 인한 감정의 파괴와 혼란을 묘사하려는 의도로 제작하였다. Section C의 영상은 Resolume Arena에서 Line Scape 패치로 생성한 영상을 소스로 사용하여 디스토션 이펙트를 사용한 테이프음악과 어울리도록 프로세싱한 후 Resolume Arena에서 실시간으로 제어하였다. [그림-17]에서 볼 수 있듯이 무채색의 어두운 공간에 하얗게 물보라를 일으키는 듯한 파도가 나타나며 빠르게 어느 한 점으로 빨려들어가는 영상이다.



[그림-17] Section C의 Tidal Wave 영상

4) Section A'

Section A' 또한 두 파트로 세분화할 수 있다. 첫 번째 파트는 혼란이 가라앉고 다시 고립된 공간에 혼자 남아 맥없이 자기 자신을 되돌아보

¹⁸⁾ 음원을 임의의 시간으로 확대 혹은 축소하는 기능

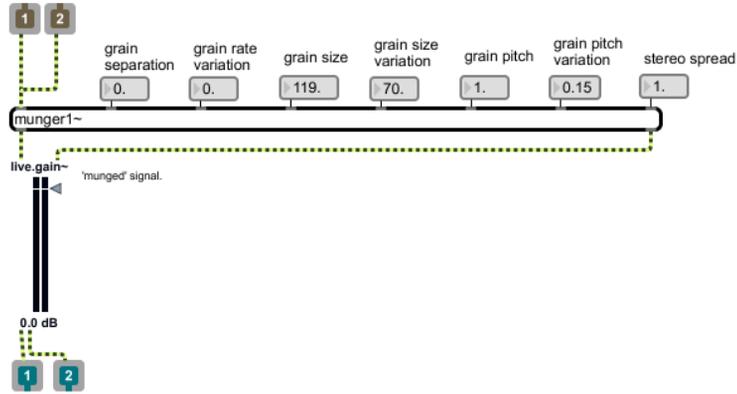
는 개인을 묘사하였다. [그림-18]의 영상은 Resolume Arena에서 Lines 패치로 생성한 것으로 역시 무채색의 어두운 공간에 하나의 선(Line)이 나타나 느리게 일렁이며 맴돈다.



[그림-18] Section A'의 Line 영상

Section A'의 두 번째 파트는 커뮤니케이션으로 얻은 모든 기억을 좋은 것이든 나쁜 것이든 모두 자신의 것으로 받아들인 채 새로운 만남을 준비하는 개인의 모습을 묘사하였다. Section A를 재해석하는 부분이지만 Section A에서의 설렘과 달리 앞으로의 새로운 만남이 아름답지만은 않을 수 있음을 알고 있으며 그에 대한 안타까움과 결연함을 나타내고 있다. Section A의 바다 이미지가 서서히 다시 모습을 드러낸다.

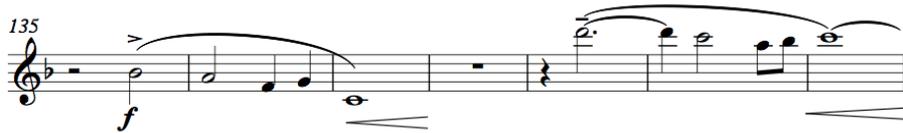
Section A'에서는 딜레이 이펙트를 적용한 클라리넷 사운드에 보다 인상적인 여운을 남기기 위해 그래놀러 합성을 이용한 클라리넷 프로세싱 사운드가 생성된다. 어떤 커뮤니케이션의 결과는 보다 선명한 기억과 상흔이 남겨짐을 표현하고자 조금씩 일그러지며 사라지는 듯한 음색을 만들어내었다. [그림-19]는 mungler1~오브젝트를 이용한 그래놀러 합성 패치이다.



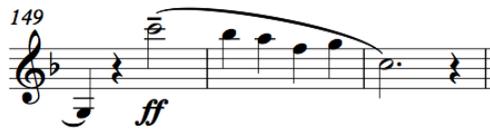
[그림-19] 그래놀러 합성을 이용한 사운드 프로세싱 패치

5) Section B'

Section B'는 격한 파도가 치기도 하는 수평선을 향해 끝없이 표류하는 삶을 묘사하였다. 또 다른 커뮤니케이션에 대한 두려움도 있지만 상처와 파괴 속에서도 조심스러운 시도의 조짐이 엿보인다. 그것은 체념일 수도 있지만 파괴의 고통보다 타인과의 만남과 포용에 대한 기대가 더욱 크기 때문에 갖는 희망일 수도 있음을 묘사하며 작품을 마무리하였다. Section B'는 세 개의 파트로 보다 세밀하게 나눌 수 있다. 두 번째와 마지막 파트에서는 Section B에서의 주제 선율이 아래의 [악보-2], [악보-3]과 같이 변형되어 나타난다. 테이프음악의 제작에도 프로세싱된 Section B의 주제 선율을 사용하였고 디스토션 이펙트를 적용하였다.

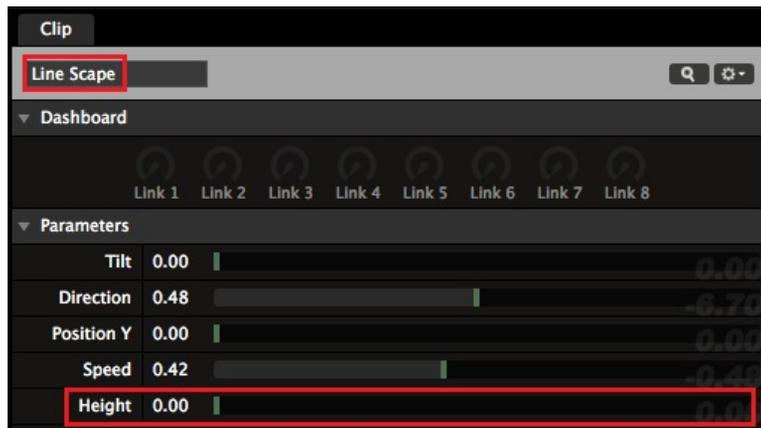


[악보-2] Section B'의 Part2 주제 선율



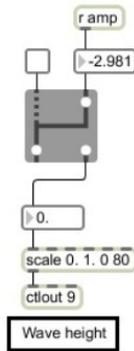
[악보-3] Section B'의 Part3 주제 선율

Section B'의 영상은 Section A와 마찬가지로 클라리넷 연주에 따라 바다 이미지의 색이 변화한다. 변화하는 바다 이미지를 배경으로 하여 [그림-20]과 같이 Resolume Arena의 Line Scope 패치로 수평선 (Horizon) 영상을 생성하였다.



[그림-20] Resolume Arena의 Line Scope 패치

[그림-21]은 클라리넷 연주의 음량값에 따라 수평선의 높이(height)가 변화하도록 데이터를 스케일링 후 매핑한 Max/MSP 패치이다.



[그림-21] 음량값에 따른 파도의 높이 제어

그 결과 [그림-22]와 같이 높이가 실시간으로 변화하면서 수평선은 파도(wave)가 되어, 끝없이 표류해야 하는 험난한 여정과 그로 인해 겪는 감정의 변화를 표현한다.



[그림-22] Section B'의 클라리넷 연주에 따른 영상의 변화

IV. 결론 및 문제점

본 연구는 클라리넷의 실시간 음색 분석을 통한 오디오-비주얼 시스템을 이용하여 음악의 시각화를 예술적으로 표현하기 위한 것으로, 작품 <Drift>를 통해 구현하였다. 작품이 가지고 있는 의미와 창작자의 의도 및 음악이 이끌어내는 공감각적 심상을 효과적으로 표현하고자 다양한 기술을 연구 및 적용하였다. 연구의 진행과 작품의 실연에서 나타난 몇 가지의 문제점과 그에 대한 보완 및 향후 계획에 대해 나열하고자 한다.

첫 번째로, 영상의 구현에 있어서 그래픽 기술의 한계 때문에 클라리넷 음원이 갖고 있는 다양한 정보를 제한적으로 분석 및 활용하여 시각화하였다. 이 점에 있어서는 서로 다른 예술 분야의 협업을 통해 많은 부분이 보완됨으로써 더욱 완성도 높은 오디오-비주얼 시스템을 구현할 수 있을 것으로 기대된다.

두 번째로는 여러 가지 정보가 동시에 인터랙션되면서 레이턴시(latency)가 발생하여 작품이 매끄럽지 못하게 진행되었고 시스템의 한계가 발견되었다. 안정적인 실연을 위해 통제가 가능하도록 시스템을 간소화해야 했고 결국 작품에 적용되는 연구 기술과 적용 방법 또한 단순화될 수밖에 없었다.

또한 실연되는 공간, 마이크의 위치, 연주자의 위치 등에 따라 Max/MSP로 입력되는 클라리넷의 정보에 큰 변화가 있었다. 창작자의 의도에 따라 작품의 효과적인 표현을 위해서 실시간 음색 분석과 오디오-비주얼 시스템의 지속적인 수정이 필요하였다. 리허설을 통해 안정적인 데이터를 얻을 수 있는 무대를 구성하였고 실연에 있어서 문제가 발생하지는 않았지만, 실연을 위한 일회적인 시스템으로 남지 않기 위

해서 향후 지속적인 연구가 요구된다. 본 작품에서의 적용뿐 아니라 보다 광범위하게 사용될 수 있는 오디오-비주얼 시스템의 구축을 위해서 보다 심도 있는 연구 및 보완이 필요하며 나아가서는 설치 작품을 통해 관객과의 소통 또한 기대할 수 있을 것으로 보인다.

마지막으로, 본 연구에서는 클라리넷 사운드가 갖고 있는 정보 중에서 음색 분석을 통해 선택 및 추출한 데이터 및 음량값 등 제한적인 요소만을 사용하였다. 향후 음고, 음길이, 화성, 리듬 등 음악의 다양한 요소를 이용하여 보다 자유롭고 다양한 방식으로 비주얼라이징(visualizing) 시스템의 제작이 이루어짐으로써 클라리넷 뿐만 아니라 다양한 악기를 위한 오디오-비주얼 시스템 및 다양한 장르의 음악에 대한 창조적이고 예술적인 비주얼라이징이 가능할 것으로 보인다.

Keyword (검색어) : 컴퓨터음악(computer music), 클라리넷(clarinet), 음색 분석(timbre analysis), 시각화(visualization), 오디오-비주얼(audio-visual), Max/MSP, Quartz Composer, Resolume Arena), OSC(Open Sound Control)

E-mail : fawy@naver.com

참고문헌

1. 단행본

- 윤성현 역(Adler Samuel 저), 「관현악기법연구」 (수문당, 2003)
- Roads, Curtis "The Computer Music Tutorial"
(The MIT Press, 1996)

2. 참고논문

- 김영민, 김 준, “팽과리의 배음구조와 주법에 의한 음색변화 연구”
「한국공학예술학회 논문지」, 제2권 제1호 (2010)
- 김태준, “청각특성을 이용한 개선된 적응 스펙트럼 차감법” 「인하대
학교 대학원 컴퓨터·정보공학과」, (2005)
- 서윤희, “클라리넷에 관한 전반적인 고찰” 「성신여자대학교 대학원
음악학과」, (2003)
- 오슬아, “바이올린의 실시간 음색 분석을 통한 오디오-비주얼 작품
제작 연구” 「동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과」, (2011)
- 최수환, “음악 정보 추출(MIR) 알고리즘을 활용한 사운드 시각화
연구” 「한국예술종합학교 예술전문사과정 음악원 음악테크놀로지

과」, (2010)

- 피정훈, “실시간 음향 분석을 통한 3D Visualization 연구” 「동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과」, (2009)
- 홍의식, “Saxophone의 음색분석을 통한 오디오-비주얼 작품 제작 연구” 「동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과」, (2011)
- 황지영, “음악의 시각화를 위한 악기음색과 색청의 공감각적 연구” 「한국디지털아트미디어학회 학술대회 논문지」, (2003)
- Tristan Jehan, “Perceptual Synthesis Engine: An Audio-Driven Timbre Generator” MIT, (2001)

3. 인터넷

- Max/MSP
<http://www.cycling74.com/>
- Audacity
<http://audacity.sourceforge.net/>

Abstract

Audio-visual performance <Drift> by real-time timbre analysis of clarinet

Kim, Young Kyung

Visualizing music that music and image interact with each other is possible on account of development of digital technology. Nowadays, visualization is one of important methods of media art. This study shows us the reason why audiences feel change of sound by analyzing information-especially on change of timbre- in sound of clarinet. We made interactive audio-visual work using clarinet for this study.

We analyzed timbre of clarinet which was feed to Max/MSP with analyzer~ object in real time. Analyzed data which make and control images are sent to Quartz composer and Resolume Arena through OSC. We applied color-hearing Synesthesia for mapping the information and studied the relation between timbre and brightness or saturation.

We developed technical system for visualizing synesthetic image brought up through music in artistic way, and audiences can feel

and notice creator's purpose and meaning of the art. This study shows us how to realize this through audio-visual work <Drift>

부록-1 (<Drift> 악보)

Drift(for A Clarinet)

for Clarinet and Interactive Multimedia Music

Kim YoungKyung

♩ = 98

10 WN *p*

18

26 N *mp* ♩ = 78

35 *mp* N N

43 *mf*

52 3 trill

60 trill

68 WN

78 ♩ = 86

2

88 *mp*

98 *p* $\text{♩} = 108$

107 *mp*

114 *mf* *mf* *mf*

122

130 *f*

138 *trm*

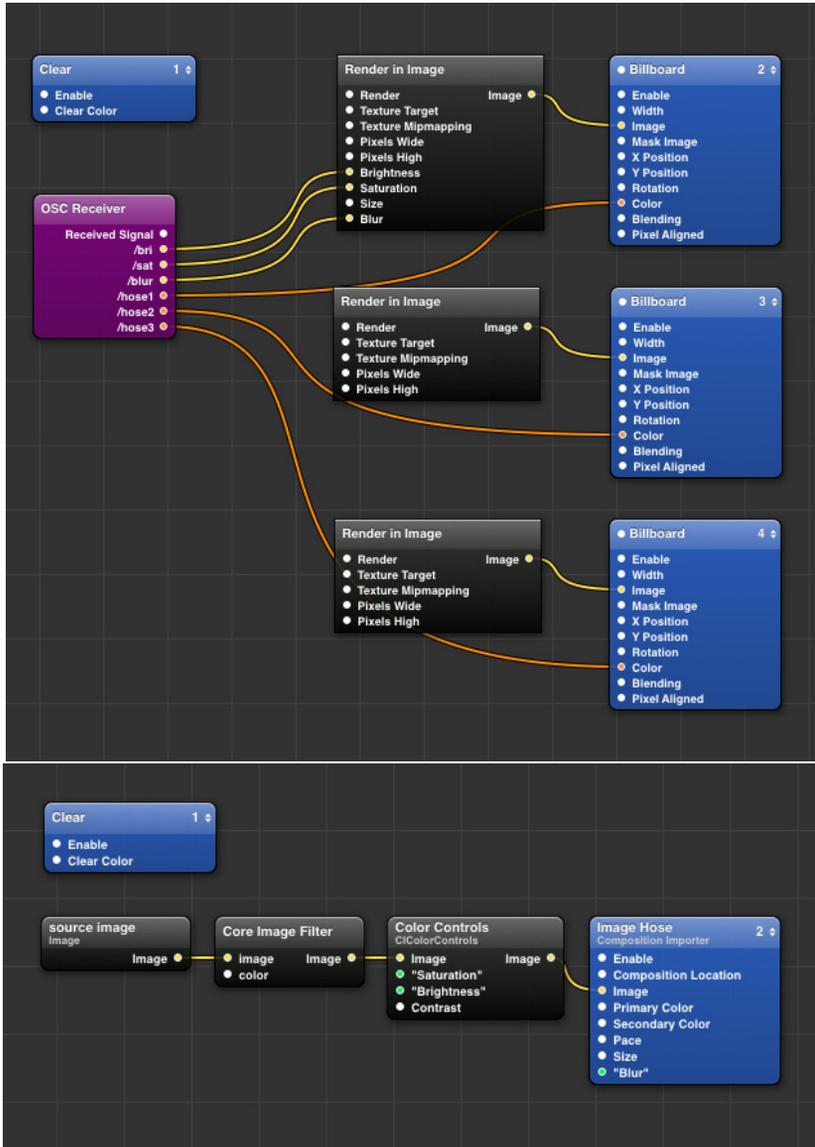
145 *ff*

152 *mf* 3 *f*

158 *trm* *mp*

Detailed description: This musical score consists of ten staves of music in a single melodic line. The notation includes various note values, rests, and dynamic markings. Slurs and phrasing slurs are used to indicate melodic phrases. Trills are marked with 'trm'. A tempo marking of quarter note = 108 is present. The dynamics range from piano (p) to fortissimo (ff). The score ends with a double bar line.

부록-3 (Quartz Composer 패치)



부록-4 (첨부 DVD설명)

1. Drift.mov : 공연실황
(2012년 11월 16일, 이해랑 예술 극장)
2. Drift.maxpat : Max/MSP 패치
3. Drift.qtz : Quartz Composer 패치
4. Drift.avc : Resolume Arena 콤포지션
5. Drift.wav : 테이프음악

