

석사학위논문

LED조명의 색채 모델링을 통한
멀티미디어음악 제작 연구

(멀티미디어음악 작품 <Palette>을 중심으로)

지도교수 김 준

동국대학교 영상대학원
멀티미디어학과 컴퓨터음악전공

김 석 민

2009

석 사 학 위 논 문

LED조명의 색채 모델링을 통한

멀티미디어음악 제작 연구

(멀티미디어음악 작품 <Palette>을 중심으로)

김 석 민

지도교수 김 준

이 논문을 석사학위논문으로 제출함.

2008년 12월 7일

김석민의 음악석사학위(컴퓨터음악전공) 논문을 인준함.

2009년 1월 5일

위원장: 윤 승 현 (인)

위 원: 박 상 훈 (인)

위 원: 김 준 (인)

동국대학교 영상대학원

목 차

I. 멀티미디어 작품제작의 목적	1
1. 연구의 목적	1
1) 연구 배경과 목적	1
2) 설치작품 및 공연사례	2
II. 멀티미디어 작품제작의 실제	7
1. 인터랙티브 멀티미디어 작품 <Palette>	7
1) 작품의 예술적 의미	7
2) 실연을 위한 무대구성과 장치설치	7
3) 작품 <Palette>의 실연	10
2. 작품의 기술적 구현	12
1) 전기기타의 음고검출에 대한 연구	13
2) 색청모델의 RGB적용	15
3) 무대조명장치의 자동제어에 관한 연구	19
4) 음악의 제작과 영상의 제어	24
III. 연구 성과	27
1. 연구 성과 및 향후 연구과제	27
1) 연구 성과	27
2) 문제점 및 향후 연구과제	28
참고 문헌	30
Abstract	33
부록 - 1 (첨부 DVD 목록)	35
부록 - 2 (Max/MSP 패처)	36

표 목 차

[표-1] 작품의 시간적 구성표	9
[표-2] 음의 파장과 빛의 파장의 비교	15
[표-3] 음고에 따른 색채모델과 RGB지수	16

그 림 목 차

[그림-1] 컬러 오르간	3
[그림-2] Mobilcolor	4
[그림-3] The Synthetic Oracle	4
[그림-4] 16 pillars	5
[그림-5] 레이저(laser)와 무빙라이트(moving light)를 이용한 공연들 · 5	
[그림-6] 무대구성 다이어그램	7
[그림-7] 실연을 위한 가상장치 분포도(국립극장 별오름)	9
[그림-8] Max/MSP/Jitter 흐름도	13
[그림-9] 패처 - pitch to MIDI note	14
[그림-10] B 음의 RGB 조명	17
[그림-11] F# 음의 RGB 조명	17
[그림-12] 조명의 변화 좌측객석	17
[그림-13] 조명의 변화 우측객석	17
[그림-14] 패처 - color hearing	18
[그림-15] LanBox LCD	19
[그림-16] DMX 스플리터	20
[그림-17] 덤스위치	20
[그림-18] LED PAR64 조명	21
[그림-19] 조명 미터별 지수 - LUX기준	21
[그림-20] 패처 - DMX monitor	22
[그림-21] 패처 - DMX control	23
[그림-22] 패처 - mov RGB change	25

[그림-23] 영상변화	26
[그림-24] 영상과 조명장치의 연동	26

I. 멀티미디어 작품제작의 목적

1. 연구의 목적

1) 연구의 배경과 목적

공연장은 객석과 무대로 구성된다. 공연은 그 양식이나 형태가 다양하고 정해져 있지 않다. 오페라(opera)·발레(ballet)·뮤지컬(musical)·콘서트(concert) 등 많은 양식이 있고 각각의 장면에 따라 신속히 전환하기 위해 무대에는 조명·특수효과기구·음향·영상 등이 사용된다.

디지털 테크놀로지(digital technology)의 발달로 음과 빛은 컴퓨터를 사용하여 숫자로 표현될 수 있고 또한 그 숫자는 다른 빛과 다른 소리로 표현될 수 있다.

본 연구의 첫 번째 목적은 전기기타(electric guitar)로 가상악기(virtual instrument)¹⁾를 연주하고 다 채널(multi channel)로 제작된 테이프음악(tape music)²⁾을 통해 조명장치를 효율적으로 제어함에 있다. 이를 위해서는 실제 연주되는 악기를 통해 또 다른 매체를 제어하는 방법이 요구된다. 아날로그(analog)신호로 이루어진 전기기타와 테이프음악을 컴퓨터를 사용하여 분석하고 그 추출된 정보를 실시간으로 처리 하여 정확한 음을 검출해 낸다. 그 추출되어진 정보를 이용하여 가상악기와 협연하고 또한 음에 따라 조사된 색청 모델(color hearing model)³⁾을 대입하여 무대조명을 실시간으로 제어하여 곡의 느낌을 최대한 연주자가 살리고 효과적인 스피커의 배치로 성격이 다른 매체들의 조화를 이루는 멀티미디어 음악작품 제작을 목표로 연구를 진행한

1) 컴퓨터를 기반으로 실시간으로 음합성 및 재생을 할 수 있도록 제작된 프로그램. 일반적으로 전자 악기와 비슷한 구조를 가지고 있지만 컴퓨터만을 사용하여 실행함.

2) 미리 녹음하여 제작된 음악.

3) 어떤 소리를 들을 때에 본래의 청각 외에 특정한 색채 감각이 일어나는 현상.

다.

두 번째 목적은 인터랙티브 미디어아트(interactive media art)를 위한 기술적 장비의 단순화에 있다.

디지털 테크놀로지의 발달로 공연 및 무대기술은 많이 발전했다. 하지만 공연진행에 있어서 각 부분별 오퍼레이터(operator)의 조작에 따라 진행되는 공연이 대부분이며 이런 공연들은 인터랙티브한 부분이 다소 부족하다. 또한 인터랙티브한 작품이 실연된다 하더라도 상당히 많은 고가의 장비가 설치된다. 그로인해 장치의 설계는 작품의 다양성 때문에 작품마다 매우 복잡해지고 변화하기 때문에 그에 따른 금전적 손실이 많다. 따라서 인터랙티브 미디어아트를 실연하는 예술가들은 이러한 문제로 많은 부분의 예술적 창작부분을 희생하고 있다. 이에 최소한의 기술적 장비의 효율적인 설치로 인터랙티브 미디어아트실연을 최적화하는 것이 필요하다..

2) 설치작품 및 공연사례

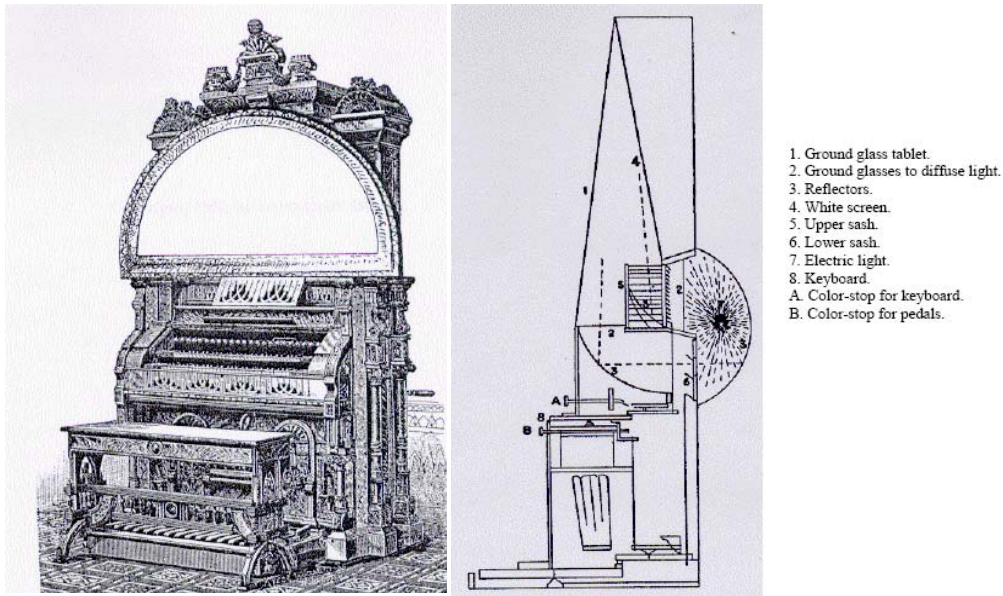
음악과 색에 대한 연관은 기원전부터 연구됐었다. <아리스토텔레스>(Aristoteles, BC 384 - BC 322)는 '색의 조화는 소리의 조화와 비슷하다.'라고 주장했다. 이 주장은 유럽에서 빛과 소리의 진동수 간의 관계에 대한 관심으로 여러 과학자들에 의해 연구됐다.

오디오 비주얼 아트(audio visual art)의 시초는 프랑스의, 수도승이자 물리학자, 수학자인 <루이 까스텔>(Louis Bert rand Castel, 1688-1757)이 1730년에 만들어 낸 'Ocular Harpsichord'이다.

'Ocular Harpsichord'는 일반적인 하프시코드(harpsichord)⁴⁾ 위에 6피트의 정방형의 틀을 올려놓는다. 이 틀에는 각각 다른 색의 유리로 된 60개의 작은 창문이 있다. 그리고 그 창문에는 커튼이 달려있으며, 커

4) 길모습이 그랜드 피아노를 작게 만든 것처럼 생긴 대형 쳄발로.

튼들은 특정한 건반을 누르면 견히도록 제작되어 있다. 따라서 건반을 누를 때 마다 커튼이 견히며 창문의 색유리를 통해 빛이 나오는 방식으로 동작한다.⁵⁾



[그림 1] 컬러 오르간

1893년에 <알렉산더 리밍톤>(Alexander Rimington)⁶⁾은 색청모델이 적용된 최초의 ‘컬러 오르간(Colour Organ)’을 개발하였는데[그림 1], 이 악기는 건반의 각 음별 다른 색의 조명을 사용하여 연주할 때 음악의 음들을 시각적으로 표현했다.

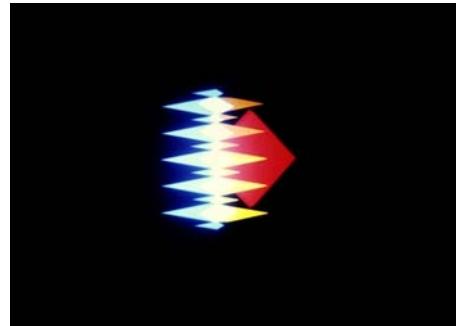
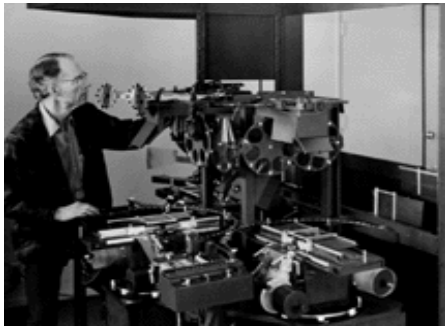
각 음의 비율에 따라 가시광선 스펙트럼(spectrum)에서 나타나는 색을 대입시켰고 옥타브(octave) 위나 옥타브 아래의 같은 음은 같은 색으로 나타냈다. 또 음이 높을수록 더 밝은 색을 내고 음이 낮을수록 더 어두운 색을 사용하여 음의 위치에 따라 채도를 달리 적용하였다.

1930년대 후반, 미국의 발명가 <찰스 독쿰>(Charles Dockum, 1904-1977)은 또 다른 컬러오르간을 만들었는데, 이는 ‘Mobilcolor’라는 이

5) 동국대학교 컴퓨터음악연구실, <멀티미디어 음악을 위한 JITTER>, 5쪽.

6) 영국의 학자 저서로는 「Colour-Music: The Art of Mobile Colour」가 있다.

름의 대형 영사 시스템으로 연주자는 이를 사용하여 색을 지닌 도형이 움직이는 형태의 패턴을 생성해낼 수 있었다[그림 2]. 이 패턴의 동적인 움직임은 각각 다른 모양을 가진 카메라를 통해 기계적인 프로그래밍으로 구현되었다.⁷⁾ 하지만 미리 준비된 도형들만으로 영상을 생성할 수 있었기 때문에, 도형의 이동, 회전, 색변화 등의 자유도는 제한될 수밖에 없다.



[그림 2] Mobilcolor

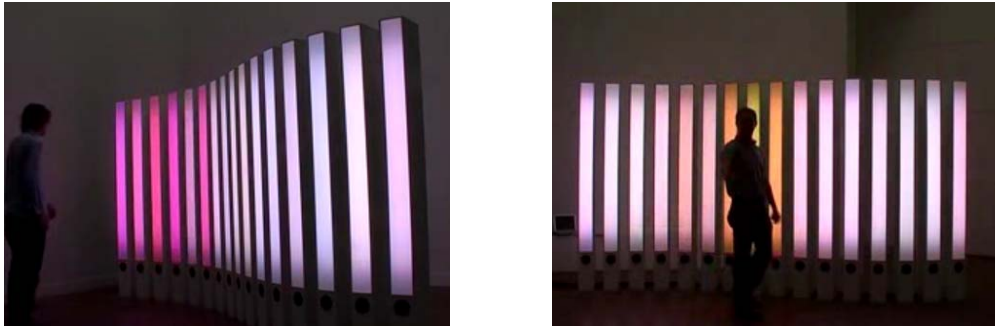


[그림 3] 2008: The Synthetic Oracle

[그림 3]는 바로셀로나(Barcelona)에서 설치, 공연된 소리와 조명을 사용한 설치 작품이다. 여러 개의 LED⁸⁾전구를 사용하여 미리 제작된 호

7) 동국대학교 컴퓨터음악연구실, <멀티미디어 음악을 위한 JITTER>, 6쪽.

과음에 반응한다.



[그림 4] 16 pillars

[그림 4]와 [그림 5]는 센서를 이용하여 움직임을 검출하고, RGB LED 전구와 소리가 반응하는 설치 작품과 콘서트에서 레이저와 무빙 라이트를 이용한 공연이다.



[그림 5] 레이저(Laser)와 무빙라이트(Moving light)를 이용한 공연들

현재의 공연들은 상당히 많은 기술적 장비로 구성되어 있고 또한 공연의 진행에 있어서 음향과 조명의 비중도 매우 높다. 하지만 음향과

8) Light Emitting Diode 의 약자로 발광다이오드를 뜻함.

조명이 실시간으로 상호작용하는 공연작품은 많지 않다. 그러나 부분적으로 무대의 퍼포머(performer)와 오퍼레이터에 의하여 진행되는 음향과 조명의 시간적 연동으로 관객이 감동하는 모습을 볼 때 빛과 소리의 관계는 매우 밀접하다는 것을 알 수 있다.

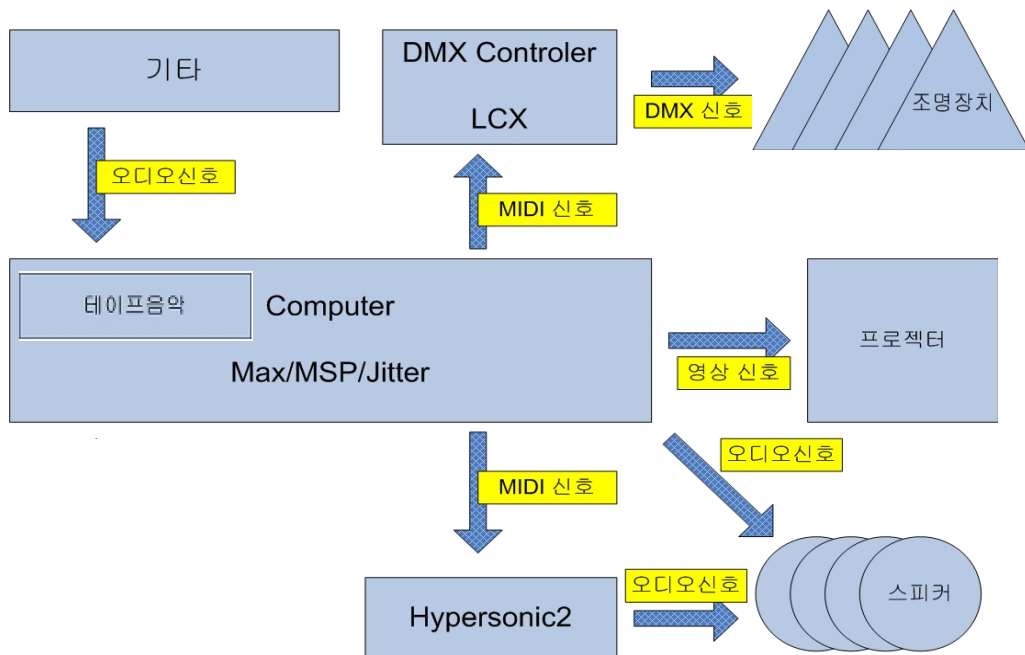
II. 멀티미디어 작품제작의 실제

1. 인터랙티브 멀티미디어 작품 <Palette>

1) 작품의 예술적 의미

작품 <Palette>은 하나의 인생이라는 도화지에서 출발하는 의미를 가지고 있다. 음악형식은 5파트 A-B-C-D-A' 로 나뉘며 잉태-탄생-삶-죽음-잉태의 구조로 계속 되풀이 되는 인간의 삶을 순환적으로 구성하고 아무 것도 없는 암흑에서부터 붉게 물든 탄생의 모습 그리고 성장과 반복되는 고뇌와 슬픔·기쁨·환희·좌절, 그리고 다시 어둠으로 돌아가는 인간의 모습을 표현했다.

2) 실연을 위한 무대구성과 장치설치



[그림 6] 무대구성 다이어그램(diagram)

시스템의 구조는 두 개의 입력신호로 구성되어 있다[그림 6]. 기타연주와 테이프음악이 시작되면 오디오장치로 입력된 기타신호와 재생되는 테이프음악은 Max/MSP⁹⁾에서 처리 과정을 거친 후 MIDI¹⁰⁾신호와 음향신호와 Jitter¹¹⁾를 통한 영상으로 출력되어 스피커와 프로젝터(projector)로 보내진다. 이때 MIDI신호는 두 가지로 분류되어 전송된다. DMX(digital multiplex)¹²⁾컨트롤러(controller)로 전송된 MIDI신호는 DMX신호로 전환이 되어 조명으로 보내지고 또 다른 MIDI신호는 가상악기로 보내져 기타와 협연을 하게 된다. 외부믹서(mixer)를 사용하여 전방에 2채널 객석 뒤 2채널을 사용했다[그림 7].

프로젝터는 객석 앞좌석에 설치되어 무대로 영상이 투사된다. 연주자의 위치는 프로젝터 투사각을 피해 무대 좌측에 위치하게 되고 1번 조명장치의 위치는 연주자의 머리 위 약 4.5미터 지점에서 직각으로 비춰지게 된다. 이때 연주자에게 투사되는 빛의 밝기는 색에 따라 약 15-45 lux¹³⁾가 된다. 이 광량은 완전히 어두운 공간이고 객석과 무대의 거리가 짧은 상황에서 색의 변화를 판단하기 충분하기 때문에 조명장치는 연주자에게 1대만 사용했다. 2번 조명장치는 스크린(screen)에 투사되도록 설치했는데 프로젝터에서 출력되는 영상의 색과 동일하게 투사된다. 3번과 4번 조명장치는 객석 윗부분에 설치가 되었다. 이는 후방 쪽의 스피커와 연동하게 된다.

9) Cycling74에서 개발한 음악·소리·멀티미디어 등을 그래픽 환경에서 실시간으로 제어할 수 있는 「오브젝트」(object)기반의 응용프로그램(application).

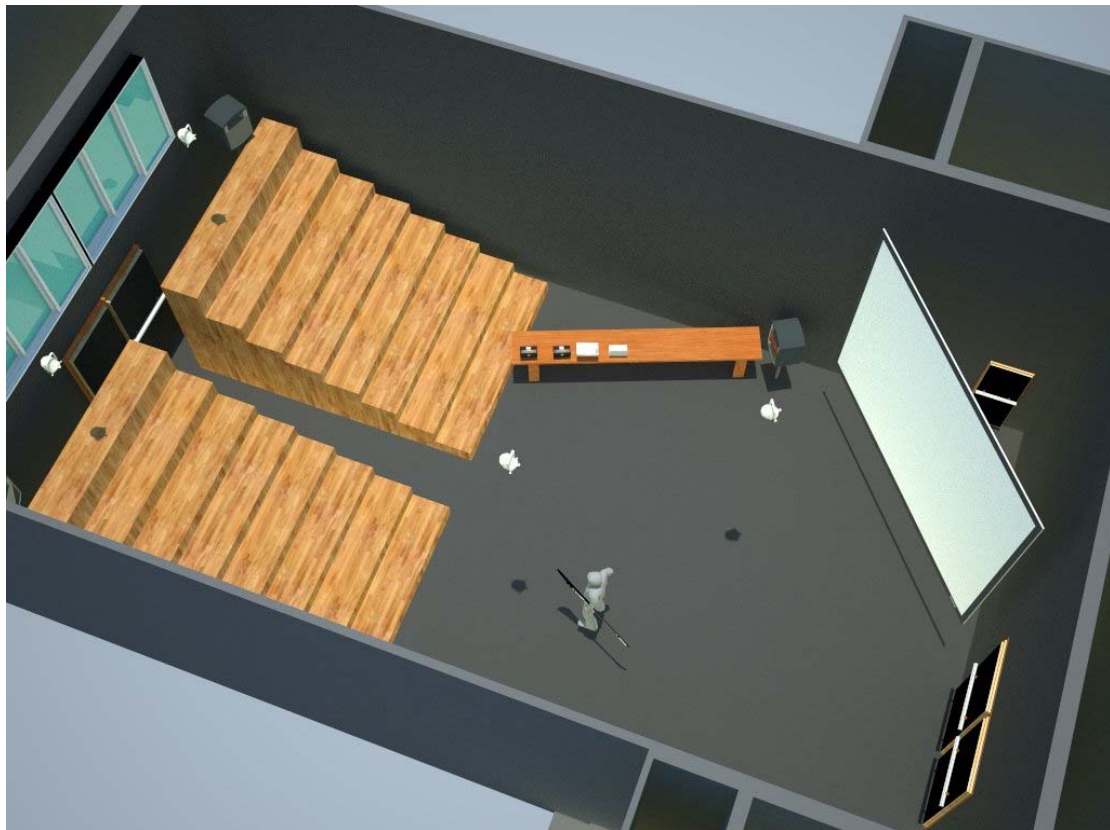
10) 악기 디지털 인터페이스(Music Instrument Digital Interface)를 약자로 전자 악기끼리 디지털 정보소통을 위해 각 정보를 규칙화한 규약.

11) Cycling74에서 제작한 그래픽 환경에서 영상합성·3D 그래픽생성 등을 실시간으로 제어할 수 있는 오브젝트 기반의 컴퓨터 언어프로그램으로 Max/MSP 확장 소프트웨어 패키지.

12) Digital multiplex 광원과 관련된 장비와 함께 사용되는 공통적인 국제 표준규격.

1986년 United States Institute for Theatre Technology (USITT) [미국무대기술협회]제작.

13) 조명이 밝은 정도를 말하는 조명도에 대한 실용단위로 기호는 lx이다.



[그림 7] 실연을 위한 가상장치 분포도(국립극장 별오름극장)

3) 작품 <Palette>의 실연

[표 1] 작품의 시간적 구성표

악절	I	II	III	IV	V
음악형식	A	B	C	D	A'
조명	O	O	O	O	O
영상	X	X	O	O	X
가상악기	X	X	O	O	X
시간	1분22초	1분43초	55초	1분5초	1분30초

작품의 시간적 구성은 [표 1]과 같으며 총 5악장으로 이루어진다. 제 1악장 ‘잉태’의 주제는 아무것도 없는 어둡고 쓸쓸한 세상에서 밝고 아름다운 세상으로 나가고 싶지만 두려운 마음이 더 앞서는 인간의 마음이다.

어두운 조명에 잔잔한 테이프음악을 시작으로 곡은 시작된다. 이때 테이프음악의 소리가 줄어들면 기타소리가 그 어둠을 채우고 다시 기타소리가 잦아들면 테이프음악이 어둠을 채워준다. 작품에서의 기타는 인간의 목소리를 의미한다. 아직은 어떤 것도 말할 수 없는 부분의 표현을 위해 단순한 기타 선율을 사용했다.

기타의 신호처리는 음고 중심의 조명 컨트롤을 했다. 기타의 음고에 의하여 정확하게 조명의 색이 변하는 점을 관객이 확인할 수 있도록 강하지만 느리고 단순한 선율로 작곡하였다.

제 2악장 ‘탄생’의 주제는 괴로움 끝에 세상으로 향해 뛰쳐나가는 인간의 모습이다. 제 1악장과 크게 다른 점은 선율이 많이 복잡해지고 테이프음악의 악기수가 늘어남에 따라 태어난 후의 성장을 표현했다. 또한 탄생의 절정에 이르렀을 때에는 플랜저(flanger)¹⁴⁾효과를 사용하여

14) 똑같은 두 개의 사운드에 시간 지연(0~10ms)을 두어 특정 사운드의 공간감을 확장 시켜주고 이질적인 느낌의 사운드를 만들어주는 시간 지연사운드 프로세싱을 말한다.

꿈틀대는 태아의 모습을 묘사했다. 절정 이후로 다시 단순하고 느린 선율로 탄생하고 난 후에 다시 이 세상에서의 걸음마를 표현했다.

제 3악장 ‘삶’의 주제는 탄생의 아픔을 겪고 이제 한 인간으로 살아가며 많은 것을 보고 듣고 경험하는 모습이다. 제 1악장과 제 2악장과 가장 큰 차이를 보이는 부분은 바로 영상과 가상악기의 사용이다. ‘삶’이 시작되면 알 수 없는 모양의 이미지가 화면을 채운다. 이 화면은 ‘나의 모습에 따라 세상을 바라보는 시각의 틀도 달라 질 수 있다’를 표현한 것으로 조명장치와 마찬가지로 기타의 음에 따른 색의 변화를 볼 수 있다. 가상악기의 사용은 또 다른 언어를 묘사했는데 내가 말하는 것과 다른 사람이 내말을 다른 언어로 듣는 세상을 표현했다. 또한 콤팩트(comb filter)¹⁵⁾를 사용하여 살면서 거친 내 자신의 목소리를 표현했다. 이때 후방 객석 쪽 스피커와 조명장치가 사용되는데 타인과의 대화에서 귀 기울이는 인간의 모습을 표현하여 서로 대화하는 느낌을 표현했다.

제 4악장 ‘죽음’의 주제는 인생을 살고 죽음 앞에서 나약해 질 수 밖에 없는 인간이다. 영상의 교차편집과 ‘탄생’·‘삶’에서 나왔던 영상을 다시 비춤으로 인생의 정점을 지나 다시 태어난 곳으로 돌아가는 모습을 묘사했고 잠깐씩 영상을 짧게 보여줌으로 늙어가는 인간의 모습을 표현했다. ‘죽음’의 절정 부분에서는 콤팩트와 프랜저가 함께 사용되는데 이 부분은 삶의 끝의 부분에서 몸부림치는 인간을 표현했다.

후방 객석 쪽 스피커는 신의 부름소리를 좌·우 패닝(panning)효과를 사용하여 표현했고 조명도 스피커에 따라 객석 좌·우로 비춰진다.

제 5악장 ‘잉태’의 주제는 죽음 이후 다시 어둠으로 돌아가는 인간의 모습이다. 전체적인 분위기는 제 1악장과 거의 같다. 언제 다시 올지 모르는 탄생을 위해 기다리고 또 기다리는 모습을 표현하기 위해 전체

15) 주파수대의 곡선이 빗 모양을 닮았다 하여 comb라는 이름이 붙었으며, 동일한 간격의 주파수대를 강화시키고 그 사이의 주파수대역을 약화시켜 입체적인 사운드효과를 만들어 주는 공명효과 사운드 프로세싱을 말한다.

적으로 약한 연주와 테이프음악의 악기 숫자를 줄였다. 후반부에 테이프음악은 끝나지만 기타연주는 계속 되면서 음량은 점점 줄어들고 조명도 점점 어두워지게 하여 다시 어둠속으로 들어가며 세상을 아쉬워하는 인간의 모습을 표현했다.

2. 작품의 기술적 구현

전기기타의 연주시 발생하는 음량 및 음고는 오디오장치를 통하여 디지털정보로 변환될 수 있다. 본 연구의 핵심중 하나는 전기기타 연주시 발생하는 소리를 효과적으로 수음하여 정확한 디지털정보로 분석을 하는 것이다. 그 분석된 정보를 MIDI신호로 변환하여 가상악기를 연주하고 또한 DMX통신규격으로 변환하여 무대의 조명장치를 실시간으로 제어함과 동시에 영상과의 조화를 이루는 것이 중점이다.

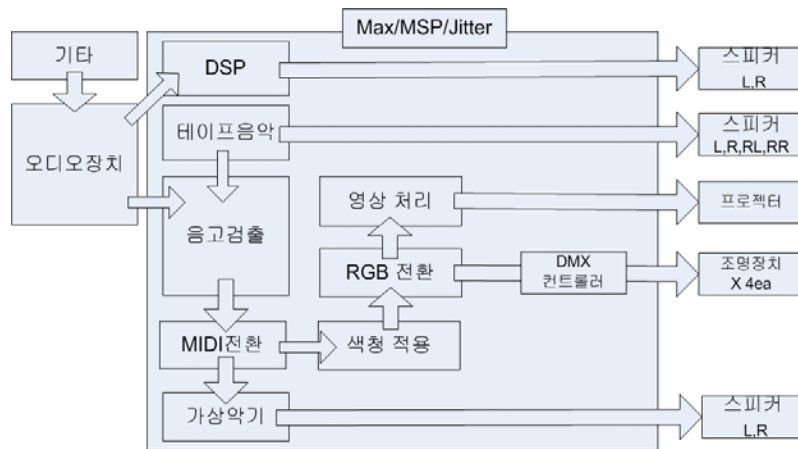
작품의 중요한 기술적 배경은 Max/MSP이다. Max/MSP를 사용하여 기타연주를 디지털정보로 정확하게 분석할 수 있다. 이 분석된 수치는 MIDI신호화되고 색청모델을 적용한 후 DMX컨트롤러로 전송되어 다시 DMX신호로 변환되고 LED PAR64¹⁶⁾조명장치로 전송된다.

각각 다른 4개의 조명은 기타연주와 Max/MSP의 오브젝트를 통해 색청모델에 의해 색으로 표현 되고 컴퓨터 내부에서 순환된 정보는 가상악기와 연동된다. 기타신호는 디지털신호처리를 거쳐 실시간으로 변조·재생된다[그림 8].

작품에서 사용된 음원들은 Nuendo¹⁷⁾를 사용하여 녹음, 편집되었고 Max/MSP에서 4채널(전면 좌·우, 후면 좌·우)로 재생된다. 영상의 색은 Jitter에서 실행되고 입력되는 기타신호에 의해 실시간으로 변조된다.

16) 발광 「다이오드」(diode)를 PAR(Parabolic Aluminized Reflector)64의 조명장치에 크기에 따라 46,64로 구분된다.

17) Steinberg사에서 개발한 「DAW」(Digital Audio Workstation) 소프트웨어.



[그림 8] Max/MSP/Jitter 흐름도

1) 전기기타의 음고검출에 대한 연구

전기기타의 음고검출은 기본적으로 Max/MSP의 fiddle~오브젝트를 이용하여 수행된다. 이 과정에서 음고와 음량은 다시 MIDI노트(note)로 전환이 된다. 이때 makenote 오브젝트를 사용함으로써 변환된 MIDI 신호는 내부의 가상악기를 연주하게 된다.

전기기타의 소리는 케이블을 통하여 컴퓨터 오디오장치의 입력단자로 입력된다. 이 정보는 fiddle~오브젝트를 통하여 전기기타의 음높이와 음량을 MIDI노트와 MIDI노트세기¹⁸⁾로 변환된다. MIDI노트의 on은 전기기타의 음량이 기준치 이상에서 on이 되고 기준치 이하 일 때 작동하지 않는다.

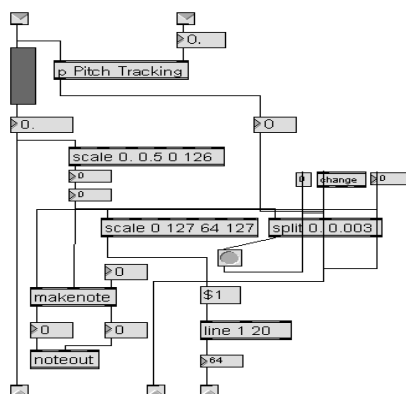
[그림 9]에서처럼 makenote 오브젝트는 세 가지의 정보를 받을 수 있는데 음고·음량·길이이다. 세 가지로 추출된 MIDI신호는 MIDI Yoke¹⁹⁾를 통하여 같은 컴퓨터 내부의 Hypersonic²⁰⁾로 전달된다. fiddle~오브젝트를 통하여 들어온 기타의 음량은 scale 오브젝트를

18) MIDI신호 중에 음의 세기를 나타내는 신호(velocity).

19) 별도의 외부MIDI장치를 사용하지 않고 내부에서 MIDI신호를 순환 할 수 있는 프로그램.

20) Steinberg에서 제작한 가상악기.

이용하여 음량 0부터 1사이의 정보를 MIDI노트세기 0부터 127로 전환을 할 수 있다. makenote 오브젝트의 MIDI노트길이²¹⁾은 Hypersonic2의 미리 저장된 네 가지의 음색의 종류에 따라 조절된다. 지정된 네 가지 음색의 종류는 타악기, 합성음, 두 개의 현악기이며 타악기 음색이 사용 될 때는 MIDI노트길이가 150ms로 짧고 합성음이나 현악기의 음색이 사용 될 때는 500-1100ms로 길게 설정했다. 또한 makenote 오브젝트의 가장 중요한 부분은 MIDI노트 on을 위한 change 오브젝트의 사용이다[그림 9]. fiddle~오브젝트에서 출력된 정보가 직접 makenote 오브젝트로 입력되면 fiddle~오브젝트는 기타의 미세한 음고에 반응하여 MIDI노트 on신호를 계속 전송하게 된다. 즉 가상악기의 건반의 한음을 빠른 속도로 연달아 계속 연주하게 된다. change 오브젝트의 기능은 MIDI노트가 입력되면 다른 MIDI노트가 입력될 때까지 출력을 1회만 한다. 따라서 change 오브젝트의 사용으로 이러한 부분을 해결할 수 있다. 하지만 이렇게 되면 같은 음을 두 번 연속해서 연주할 때 두 번째 음은 가상악기로 입력되지 않는 문제가 발생하는데 split 오브젝트를 사용하여 기타의 음량이 기준치 내의 정보를 만족하면 MIDI노트는 0을 출력하고 다시 두 번째 같은 음의 MIDI노트 on을 입력 받아 정상적인 가상악기를 연주할 수 있다.



[그림 9] 패치 - pitch to MIDI note

21) MIDI신호 중에 음의 길이를 나타내는 신호(duration).

2) 색청(color hearing)의 RGB적용

시각·미각·청각·후각·촉각의 5감은 감각을 느끼게 해주는 물리적 자극과 일대일로 반응한다. 음파의 진동이 공기를 통해 귀에 전달되어 소리를 들을 수 있고 물체가 피부에 닿음으로 촉각을 느낄 수 있다. 소리를 듣는 중에 색이 보이고, 글씨를 보고 냄새를 느끼기도 한다. 이러한 감각을 공감각(synesthesia)²²⁾이라 한다.

[표 2]에서 보듯이 음의 파장과 빛의 파장이 거의 비슷한 크기로 나열되는 것을 볼 수 있다. 즉 음의 파장과 빛의 파장이 거의 일정하게 비례하고 C에서 B까지의 각 음이 빛의 스펙트럼인 빨강에서부터 보라까지에 각각 대응된다.

많은 학자들이 음을 들으면 색을 느낄 수 있는가에 관심을 가지고 연구를 하였는데 그중의 대부분은 한 옥타브의 C·D·E·F·G·A·B를 가시광선의 빨강·주황·노랑·초록·파랑·남색·보라와 연관 지었다. 음과 색은 주파수와 파장을 가진다. 한 옥타브 내의 각각의 음 비율과 가시광선 내의 각각의 색 비율은 거의 유사한 수치로 줄어든다.

소리의 속도는 실온 20℃일 때 초당 344m/s이고 1℃씩 올라갈수록 0.6m/s 씩 증가한다. 그런데 음의 주파수(진동수)와 음의 파장을 곱하면 속도이므로, 소리의 속도는 소리의 주파수와 소리의 파장을 곱한 값이다. 즉 보편적인 음의 파장은 344m/s을 음의 주파수로 나눈 값이 된다.

위의 정보를 RGB에 적용 할 수 있는데 각 음에 따른 RGB는 [표 3]과 같다. 이 RGB의 대응관계를 Max/MSP의 패치[그림 14]에 적용시킬 수 있다.

22) 고수진, <음(Pitch)과 음정(Interval)에 따른 색청(Color-Hearing)연구>(한국 디지털 미디어 학회), 2003

[표 2] 음의 파장과 빛의 파장의 비교

음	음의 파장(inch)	음의 파장 * (6870/52)	빛의 파장(Å)	색
C	52	6870	6870	red
C#	48.25	6374	6472	orange red
D	46.5	6143	6164	orange
D#	44.25	5846	5865	yellow orange
E	42	5548	5601	yellow
F	39	5152	5233	yellow green
F#	37	4888	4919	green
G	35	4624	4737	green blue
G#	33	4359	4555	blue
A	31	4095	4241	violet blue
A#	29.25	3864	4104	violet
B	27.5	3633	3976	violet red

[표 3] 음고에 따른 색채모델과 RGB지수

C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B
red	orange red	orange	yellow orange	yellow	yellow green	green	green blue	blue	violet blue	violet	violet red
255	255	255	250	255	70	0	0	0	70	102	255
0	25	51	102	255	255	255	100	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	255	255	255	255	255

MIDI노트의 음 C는 36·48·60·72·84 등과 음 D는 38·50·62·74·86 등으로 변환이 될 수 있다. 이는 [그림 14]에서와 같이 컬러별로 RGB를 적용하여 C라 판단되는 음이 탐지 되었을 때 255·0·0의 정보를 DMX컨트롤러로 전송하고 적용된 컬러는 기타의 입력신호 및 테이프음악의 크기에 따라 색상과 광량은 변하게 된다[그림 10, 그림11, 그림 12, 그림 13].



[그림 10] B 음의 RGB 조명



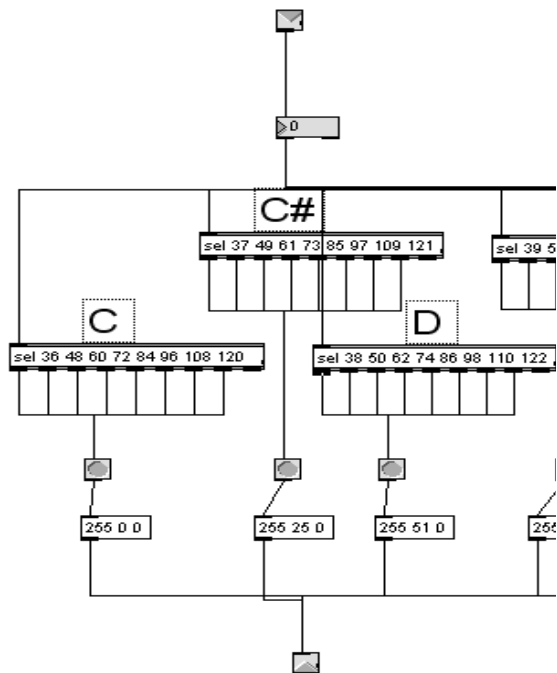
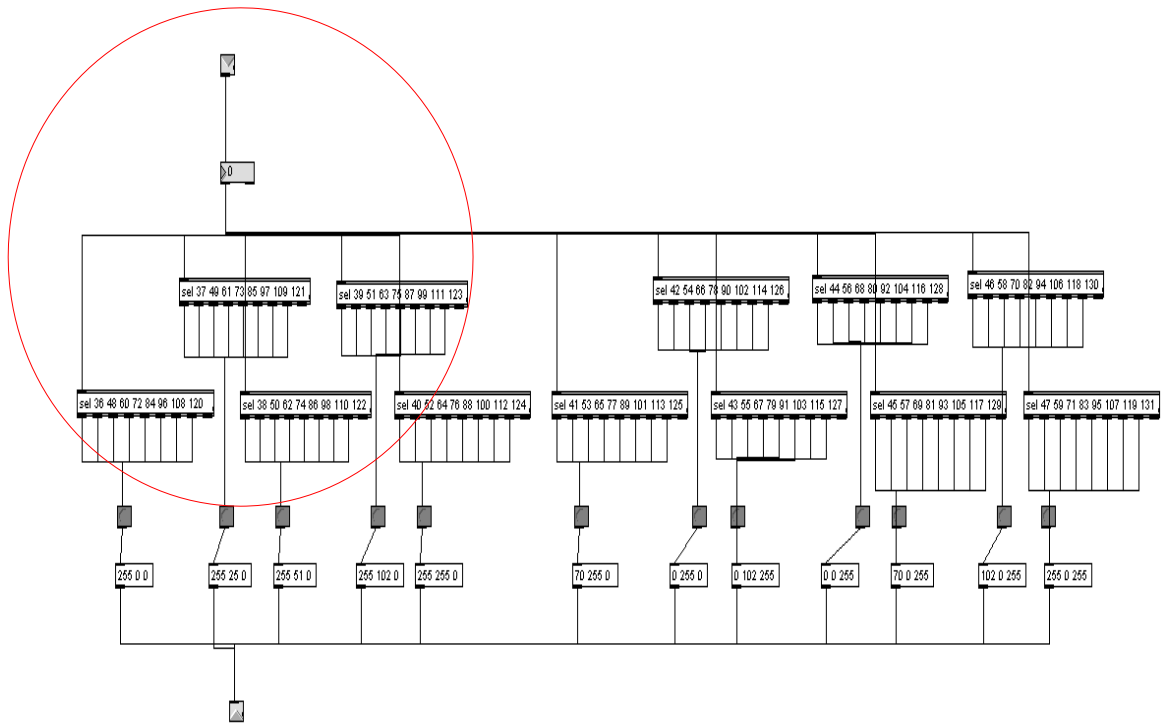
[그림 11] F# 음의 RGB 조명



[그림 12]조명의 변화 좌측객석



[그림 13]조명의 변화 우측객석



[그림 14] 패처 - color hearing

3) 무대조명장치의 자동제어에 관한 연구

Max/MSP에서는 MIDI신호를 이용하여 DMX컨트롤러를 제어 할 수 있다. MIDI신호를 DMX신호로 변환시켜주는 장치로 작품에 사용된 DMX컨트롤러는 LanBox LCX[그림 15]기종이며 USB²³⁾및 MIDI신호, 이더넷(ethernet)으로 제어가 가능하다. 하지만 본 논문의 중심은 MIDI신호로 제어하는 점이 목적이므로 USB와 이더넷방식의 제어방법은 언급하지 않는다.



[그림 15] LanBox LCX

DMX신호는 두 개의 선을 통해 표준 RS-485²⁴⁾전송장치를 사용하여 1초당 250,000비트씩 정보를 전송한다. 본 작품에서 사용된 XLR²⁵⁾케이블을 사용할 때는 다른 정보의 간섭을 차단하기 위하여 접지선을 사용한다.

DMX입력단자 및 출력단자는 5개의 핀이 있다. 접지선 1개, DMX발신부로부터 DMX수신부까지 가는 주 통신선 2개, DMX수신부 부터

23) Universal Serial Bus. PC와 주변 장치를 접속하는 버스 규격.

24) 통신회선을 위한 TIA/EIA(미국통신산업협회/미국전자공업협회) 표준 다중점연결방식.

25) 3선방식의 커넥터의 종류로 Cannon (X, Latch, Rubber)의 약자.

DMX발신부로 돌아오는 선 2개로 구성 된다. 작품에서 사용된 케이블은 통신선 2개와 접지선 1개를 사용하여 3선의 케이블을 사용한다. DMX는 데이지 체인(daisy chain)²⁶⁾으로 연결된다. DMX표준은 1개의 DMX 최초연결에서 32개의 장치까지 허용된다. 비록 각각의 장치가 입력단과 출력단을 가지고 있다 하더라도 단순히 연결만 되어 있을 뿐 각각의 장치는 어떤 전송이나 증폭도 실행할 수 없다. 32개 이상의 조명장치를 사용하려면 DMX스플리터(splitter)²⁷⁾가 필요하다[그림 16].



[그림 16] DMX스플리터



[그림 17] 덤스위치

각각의 조명장치는 시작채널의 번호를 지정할 수 있는 덤스위치²⁸⁾를 가지고 있다[그림 17]. 예를 들면 RGB조명 두 개를 사용하게 되면 RGB조명 당 DMX 4채널(전체광량 · R의 0-255 · G의 0-255 · B의 0-255)이 사용되므로 총 DMX 8채널이 사용된다. 이 경우 첫 번째 조명은 DMX채널 1에서 4까지에 반응하여 채널 1에서 시작을 설정하고 두 번째 조명은 채널 5에서 시작을 설정하였다.

DMX통신방식은 초기화 상태와 512바이트에 대한 정보를 지연 없이 지속적으로 전송할 수 있다. 만약 어떠한 변화가 없다면 같은 정보는 계속해서 전송된다. 즉 정보를 보내는 중 차단되더라도 조명장치는 초기화 되지 않고 최종 전송된 그 정보를 유지하게 된다.

DMX 특성상 채널이 적게 사용되어 질수록 DMX 재생률은 더 높아

26) 연속적으로 연결되어 있는 하드웨어 장치들의 구성을 지칭.

27) 다수의 DMX방식의 조명장치를 사용하기 위해 DMX신호를 증폭시키는 기능의 분배기.

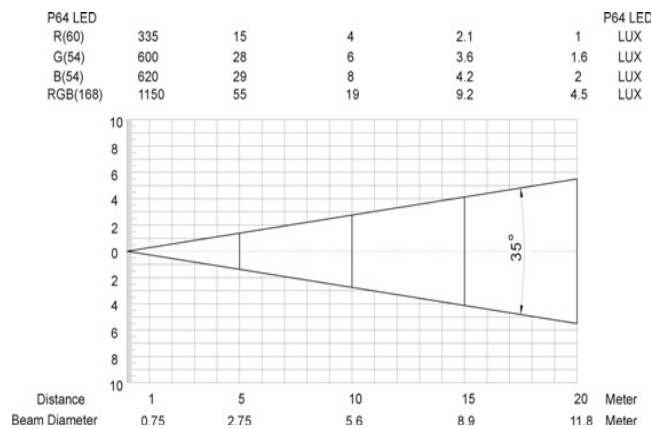
28) 회로 기판에 꽂아 하드웨어의 기능을 변경할 때 사용하는 스위치. 컴퓨터나 주변 장치 따위의 초깃값을 가변적으로 설정할 때 사용한다.

진다. 만약 24채널로만 전송된다면 1초당 약 1000번의 DMX 재생률을 가질 수 있으며 512채널이 모두 사용되어 진다면 DMX 재생률은 초당 약 44번이 된다.



[그림 18] LED PAR64 조명

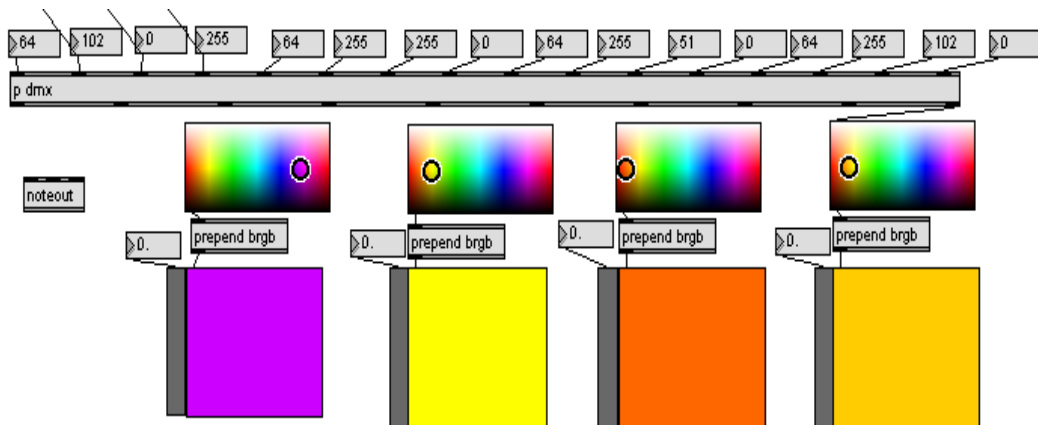
작품에 사용된 LED PAR64[그림 18]는 DMX 4채널과 35도의 투사각을 가지고 있다. 즉 거리가 멀어 질수록 피사체에 비춰지는 빛은 넓어지고 어두워진다. 작품이 실연된 극장의 높이는 약 5미터이고 장치를 고정할 수 있는 설치봉은 약 4.5미터에 위치해 있다. 극장 천정부분의 설치봉에 조명장치를 설치하고 직각으로 무대 바닥면을 비출 때 바닥엔 피사체를 위한 지름 약 3미터의 원형 빛이 비춰진다[그림 19]. 이때 밝기는 RGB채널의 정보, 즉 각 색상마다 차이가 있다.



[그림 19] 조명 미터별 지수 -LUX기준

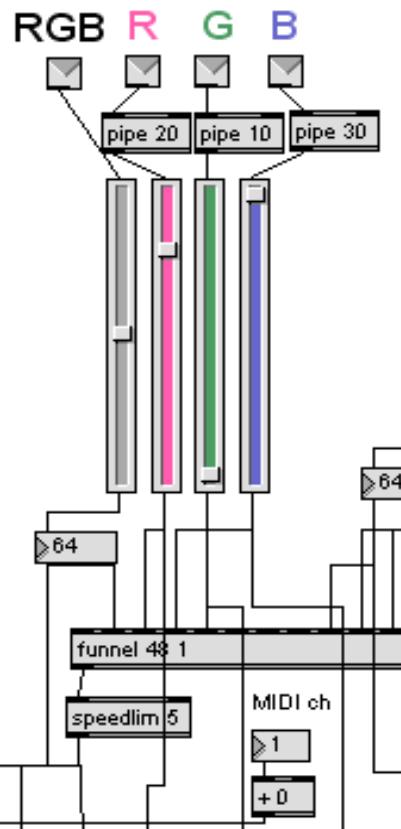
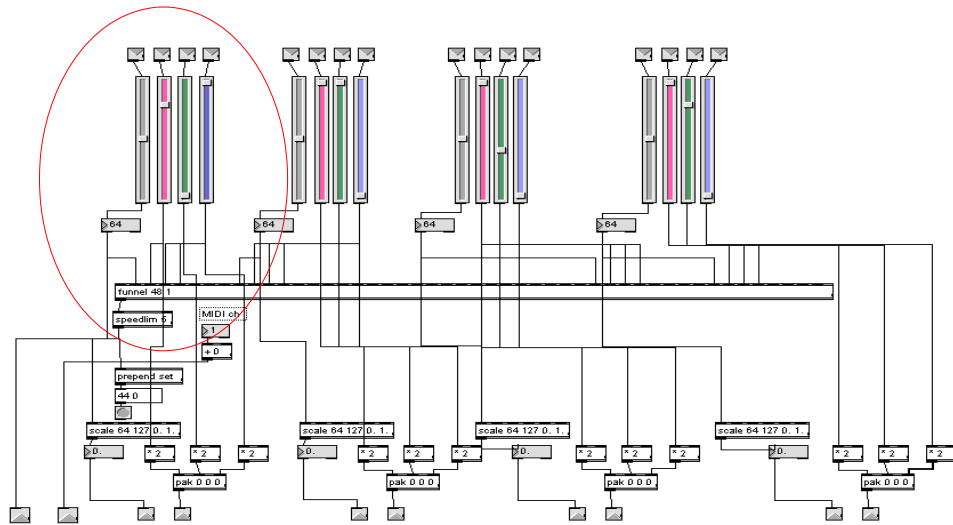
LED PAR64 규격의 조명장치는 제조회사 별로 다소 다른 특성을 보이는데 작품에 사용된 조명장치의 1번 채널은 전체적인 조명의 DMX 신호 128이하에선 조명장치 기본기능인 스트로브(strobe)²⁹⁾가 적용되기 때문에 패처에서 MIDI노트의 최하 값을 64로 지정하고 DMX신호 128로 변환하여 128 이하의 신호에서 작동하는 스트로브를 사용하지 않게 한다. 그리고 정확한 색상의 모니터를 위하여 swatch 오브젝트를 사용했다[그림 20].

기타 음고와 음량은 색청모델에 의하여 MIDI신호로 변환되고, 변환된 MIDI신호는 Max/MSP의 funnel 오브젝트를 사용하여 MIDI인터페이스를 거친 후 Lanbox LCX로 보내진다. 이때 패처의 RGB입력엔 pipe 오브젝트를 사용하여 정보를 미세하게 지연시킨다. 이는 DMX컨트롤러로 전송에서 많은 정보의 동시입력으로 발생하는 조명장치의 오작동을 막는다[그림 21].



[그림 20] 패처 - DMX monitor

29) 스트로보스코프(stroboscope)의 약어로서 스틸 카메라의 촬영에 쓰는 전자 플래시. 특수한 방법으로 전원 공급함으로써 강렬한 섬광 효과를 낸다.



[그림 21] 패처 - DMX Control

4) 음악제작과 영상의 제어

전체적인 테이프음악은 단순한 선율로 제작됐다. 작품의 메인 선율을 이끄는 악기가 기타이기 때문에 다소 도움만 줄 수 있는 정도로 제작이 되고 가상악기와의 협연도 염두에 두어 특정 선율은 넣지 않았다.

사용된 가상악기로 Atmosphere³⁰⁾, Vocalforge³¹⁾, Elastik³²⁾, Symphonic choirs³³⁾ 등을 사용하고 편집과 믹싱은 Nuendo를 사용하였다.

테이프음악은 총 4개의 다채널로 제작되고 전면 좌·우는 타악기와 현악기 위주로, 후면 좌·우는 합창 위주로 제작이 되었다. 특히 타악기와 합창의 음고와 음량의 정보는 조명장치로 직접적인 전달이 된다. 전체적인 합창소리는 몽환적인 느낌과 멀리서 들려오는 느낌을 가질 수 있도록 리버브(reverberation)³⁴⁾ 효과를 사용하였다. 또한 후방스피커로 재생되는 테이프음악은 객석으로 비춰지는 조명의 색과 직접적인 연관이 있기 때문에 빠른 선율로 인한 색의 변화 보다는 악기의 음량에 의한 광량의 변화에 중점을 두었다.

테이프음악은 전체적으로 합성음과 리버브를 사용하였다. Hypersonic2의 음색을 제작하기 위해 먼저 고려할 사항은 단일악기가 아닌 기타와 동시연주이다. 몽환적인 작품 분위기와 잘 맞아떨어지기 때문에 직접기타를 연주하며 Hypersonic2의 3가지의 오실로스코프(oscilloscope)³⁵⁾를 사용하여 필터(filter)·앰프(amplifier) 등을 조절하여 총 4가지의 음색을 디자인했다.

전기기타 소리의 변조엔 콤펠터·플랜저를 사용하였다. 플랜저를 사용하여 전기기타의 소리에 몽환적인 느낌을 갖도록 하였고 콤펠터를

30) Spectra sonics사가 만든 합성음 중심의 가상악기.

31) Zero G에서 제작한 보이스 샘플링 중심의 가상악기

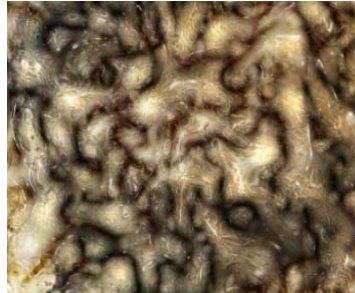
32) Ueberschall Resource에서 제작한 샘플링 중심의 가상악기.

33) EW(East west)에서 만든 오케스트라 합창중심의 가상악기.

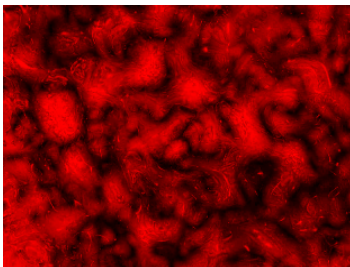
34) 음원이 진동을 그친 뒤에도 음이 계속 들리는 현상.

35) 시간에 따른 입력전압의 변화를 출력하는 장치.

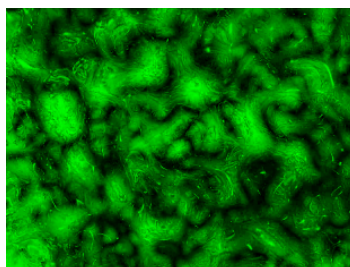
R G B
255. 255. 255



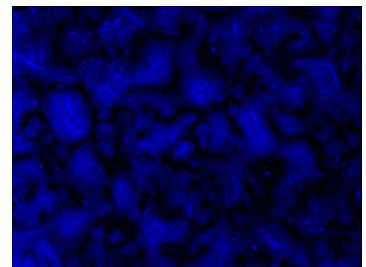
R G B
255. 0. 0



R G B
0. 255. 0



R G B
0. 0. 255



[그림 23] 영상 변화

[그림 23]은 RGB 각 색상별 255정보를 적용시킨 모습이다. 영상은 기타 음고에 따라 변화된 RGB에 의해 변화된다[그림 24].



[그림 24] 영상과 조명장치의 연동

III. 연구 성과

1. 연구 성과 및 향후 연구과제

1) 연구 성과

아직도 일부 대규모 공연장을 제외한 소규모 공연장들은 공연장 크기의 열악함 보단 기술적 장비 부족이 매우 크다. 또한 매번 바뀌는 작품마다 그 작품에 맞는 무대장치들을 구비하기 어렵다.

작품에 사용된 Max/MSP/Jitter 오브젝트는 약 100여종으로 이루어졌다. 이 많은 오브젝트들이 모여 하나의 패치가 만들어진다. 이 패치는 여러 개의 부품으로 이루어진 공연을 위한 하나의 기계장비에 비유될 수 있다. 실제로 이러한 기계장비들의 모든 조합을 공연작품에 사용한다면 막대한 제작비와 많은 인력들이 요구될 것이다. 하지만 이와 같은 비용은 Max/MSP/Jitter의 사용으로 많은 부분을 단순화 시킬 수 있었다. 작품진행에 있어서 한 명의 오퍼레이터로 조명·음향·영상을 무리 없이 소화해 낼 수 있었고, 또한 무대장치, 무빙라이트, 무대자동 전환 등도 제어가 가능한 부분이 될 수 있었다. 따라서 본 연구의 취지 중의 하나인 최소한의 장비와 인원, 그리고 효율적인 설치로 인터랙티브 미디어아트 실연을 최적화한다는 목적이 실현될 수 있다.

또 다른 성과는 음악과 조명의 상호작용의 경험이다. 음악에 색을 줄 수 있다는 점과 그 색의 표현에 있어서 조명장치의 제어는 이제 의미를 가질 수 있게 됐다.

2) 문제점 및 향후 연구과제

작품 <Palette>은 사전조사와 실험부터 어려움이 있었다. 물론 진행하는 과정에서 많은 문제는 해결이 되었지만 아직 부족하거나 해결하지 못한 부분이 있다.

본 작품의 처음 연구방향은 공연장 전체 조명장치의 제어가 목적이었지만 공연장마다 사용하는 규격이 다르고 작품에서의 의도된 디지털 제어의 가능성을 판단하기 어려웠다. 그리고 한 명이 아닌 공동이 사용하는 극장조명 때문에 개인이 독립적인 시스템을 설치할 수밖에 없었다. 독립적으로 조명의 시스템을 구축함에 있어서의 첫 번째 문제점은 RGB LED PAR64의 설치다. 시판하고 있는 LED 조명장치는 광량이 크게 미치지 못하거나 혹은 광량은 충분히 밝으나 넓은 투사각을 갖는다는 점이 문제였다. 그리고 현재 아직까지 보편화 되지 않은 DMX방식의 LED 조명장치에 대한 사전정보와 설치사례를 쉽게 찾지 못했고 판매하는 업체들도 DMX방식의 다양한 사용경험이 많지 않기 때문에 작품제작 중에 의문사항이 많은데도 불구하고 구입처로부터 명확한 답변을 얻지 못했다. 또한 DMX방식의 특성은 동시에 많은 채널의 정보를 보내 줄 수 있지만 MIDI신호에서 DMX신호로 변환되어 전송되는 과정에서 많은 DMX신호를 동시에 전달 할 수 없어 조명장치가 오작동을 했다. 물론 이점은 Max/MSP의 패처에서 각 채널에 강제지연으로 해결 했지만 조명장치가 계속해서 수량이 증가 한다면 지연시간으로 해결보단 보다 근본적인 해결방안이 필요할 것이다.

두 번째는 기타의 정확한 수음이다. 전기기타는 제조회사별로 약간의 음색의 차이를 보이는데 Max/MSP의 패처에서 전기기타를 교체함에 있어서 수정해야할 정보들이 너무 많이 존재했다.

세 번째는 색청모델에 대한 정확한 적용이 어려웠던 점이다. 패처상의 모니터는 그 색의 구현이 확실하게 표현이 될 수 있으나 LED조명장치

에서 거리에 따른 광량의 소실로 인해 광량은 패처에서 보이는 색보다 명도가 떨어진다. 엄밀히 말하자면 정확한 색청에 의한 조명장치의 구현은 될 수 없었다. 조명장치와 피사체간의 정확한 거리측정과 조명기의 광량 파악이 중요하다.

향후 연구방향은 소규모 공연장의 효율적 장비의 설치이다. 해결해야 할 숙제는 많이 있다. 이번 작품은 단 한 개의 공연을 위해서 만들어진 시스템이기 때문에 다른 작품에 적용하기에는 무리가 있다. 하지만 앞으로 많은 공연을 경험하면서 유연한 시스템을 개발하고 보강한다면 컴퓨터와 최소한의 주변장치로 높은 수준의 공연이 가능할 것이다. 따라서 앞으로 다양한 형태의 공연들을 연구하고 사용되는 기술적 장비 구성들을 분석하여 인터랙티브 멀티미디어 아트의 다양성을 추구할 것이다.

Keyword(검색어) : computer music(컴퓨터 음악), multimedia(멀티미디어), DMX512, PAR64, RGB, pitch tracking, Max/MSP/Jitter, theater, lighting, color hearing, LED

E-mail : qtmidas@gmail.com

참 고 문 헌

1. 단행본

Alten, Stanley R. *Audio in media*, Belmont, CA: Wadsworth/Thomson Learning, 2006.

Birren, Faber 김진한 역. 『색채의 영향』 서울 : 시공사, 1996.

Blom, Eric. 『Grove's dictionary of music and musicians』 London : Macmillan &co., 1966.

Cornford, Francis M. 『Plato's Cosmology : The Timaeus of Plato translated with a running commentary』 New York : The Liberal Arts Press, 1957.

Gouk, Penelope. 『The Cambridge History of Western Music Theory』 Cambridge : Cambridge University Press, 2002.

Graves, Maitland 배만실 역. 『디자인과 색채』 서울:이대출판사, 1994.

Macdonald, Hugh. 『Skryabin』 London:Oxford University Press, 1978.

Maryon, Edward. 『Marcotone : The Science of Tone-Color 』 Boston : C.C.Birchard & Company, 1924.

Halliday, David and Resnick, Robert 김종오 역. 『물리학총론 I부』 서울: 교학사,1997.

Messiaen, Olivier and Samuel, Claude. 『Music and color : conversations with Claude Samuel』 Portland, Or.:madeus Press,1994.

Hill, Peter. 『The Messiaen Companion』 London: madeus Press,1994.

Kandinsky, Wassily 권영필 역. 『예술에 있어서 정신적인 것에 대하여』 서울 :심설당, 1998.

Walker, Morton 김은경 역. 『파워 오브 컬러』 서울 : 교보문고, 1996.

김홍인. 「음악의 기초이론(개정판)」 서울 : 수문당, 1993.

고희선, 「무대조명」, 교보문고, 2000.

이태섭 외, 「공연제작의 실제」, 아르케라이팅아트, 2001.

강형식, 「LED 조명기술」, 태영문화사, 2008

Cycling '74, 「Max/MSP Tutorial」, PDF file, Version 4.5.5

Cycling '74, 「Jitter Tutorial」, PDF file, Version 1.5.2

2. 학위논문

하얀. 「음악에 의해 형성된 공감각적 디지털 시각이미지 제작에 관한 연구」 서울 : 상명대학교 정보통신대학원 디지털 영상학과, 2002.

구민자. 「음악과 색채의 미학적 관계에 대한 연구」 서울 : 연세대학교 교육대학원, 1985.

3. 단편 논문

고수진. 「음(Pitch)과 음정(Interval)에 따른 색청(Color-Hearing)연구」, 한국 디지털 미디어 학회, 2003

김 준. 「보는 소리, 듣는 영상」, 한국영상문화학회 학술지 제 5호, 2002.

Peacock, Kenneth. <Instruments to Perform Color-Music: Two Centuries of Technological Experimentation>, 『LEONARDO』 Pergamon Press, 1988.

4. Web site

Max/MSP Hypermail archive

<http://www.synthesisters.com/hypermail/max-msp/>

LanBox-LCX Hypermail archive

<http://www.lanbox.com>

VSTguru.com v3.1

<http://www.vstguru.com>

SPECS

<http://www.specs.upf.edu>

Dann brinkmann

<http://www.daanbrinkmann.com>

Abstract

A Study of Multimedia Music Producing through the Modeling of Color Hearing within LED Lighting

(Focus on Multimedia-Music <Palette>)

Kim, Seok Min

A place for performing arts consists of audience seats and a stage. The style and form of the performance is diverse and not fixed. There are many styles of performing arts such as opera, ballet, musical, concert and plays. According to each scene, the lighting, special effect equipment sound and video are used to make swift conversion.

With the development of digital technology, the sound and lighting can be expressed in numbers using computers and the number can be expressed with different light and sound.

The first objective of this study is to make efficient control on the lighting facilities through the tape music that is played with electric guitars and virtual instrument and produced in multi channels. For this, the method of controlling other media through the instrument that is actually played is required. The electric guitar and tape music composed of analogue signals is analyzed using the computer and extracted data is processed real time to verify the accurate sound.

By using the extracted data, it is concerted with virtual instrument and substituted with studied color hearing model according to the

note to make real time control on the stage lighting and the player revives the feeling of the music to the maximum. The objective of this study is to produce multimedia music works that is harmonized with other media with effective allocation of the speakers.

The second objective is in simplification of technical equipment for interactive media art.

With the development of digital technology, the performance and stage technology has been developed significantly. However, in proceeding performances, most of the performing arts are proceeded according to the manipulations of the operators of each part and these performances lacks the interactive elements. Also, even if the interactive works are realized, it requires installations of significantly high priced facilities. Therefore, the design of the equipment gets very complicated and transformed by each piece due to the diversity of the works and it result in large monetary losses.

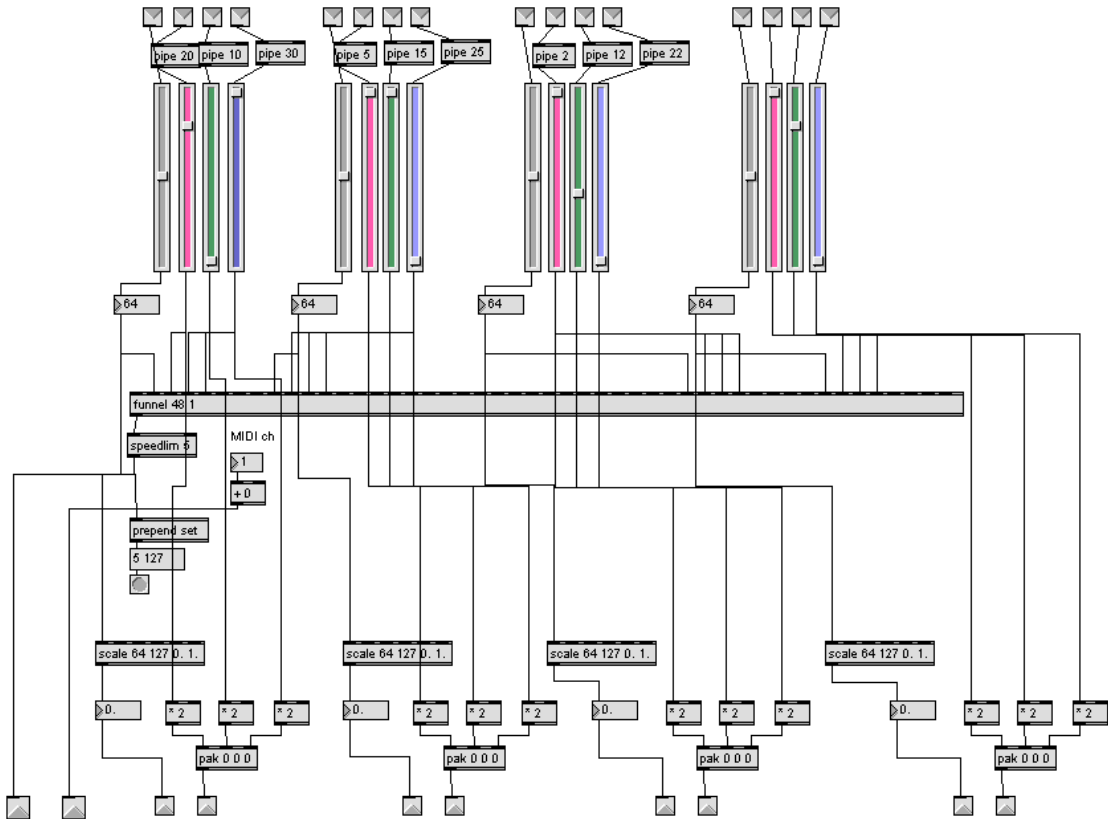
Hence, the artist that represents the interactive media art makes sacrifices on large parts of artistic creation due to these problems. For this, with efficient installation of minimum number of technical facilities, it requires the optimization of realizing interactive media art.

부록 -1 (첨부 DVD 목록)

1. 공연실황 동영상 파일 - palette.avi
2. Max/MSP 패치파일 - palette.mxb
3. 테이프음악 - perc.wav, synth.wav, chois.wav
4. 별오름 극장 실측도면

부록 -2 (Max/MSP 패치)

① Max/MSP (패치 - DMX control)



② Max/MSP (패처 - color hearing)

