

석사학위논문

실시간 음향 분석을 통한

3D Visualization 연구

(멀티미디어음악작품 <Musique Couleurs>를 중심으로)

지도교수 김 준

동국대학교 영상대학원
멀티미디어학과 컴퓨터음악전공
피정훈

2009

석사학위논문

실시간 음향 분석을 통한
3D Visualization 연구

(멀티미디어음악작품 <Musique Couleurs>를 중심으로)

피정훈

지도교수 김 준

이 논문을 석사학위논문으로 제출함.

2009년 1월 일

피정훈의 음악석사학위(컴퓨터음악전공) 논문을 인준함.

2009년 1월 일

위원장: 조 형 제 (인)

위 원: 김 정 호 (인)

위 원: 김 준 (인)

동국대학교 영상대학원

목 차

I. 연구의 목적 및 배경	1
1. 연구 목적	1
1) 연구의 배경	1
2) 연구의 목적	2
2. 작품 배경	3
1) 작품의 예술적 배경	3
2) 작품의 기술적 배경	4
II. 3D Visualization 연구	6
1. 음악과 3D 영상과의 매핑	6
1) 음악과 색의 변화	6
2) 음악과 도형의 생성	7
3) 도형의 좌표 설정	8
2. Max/MSP & Jitter와 OpenGL 프로그래밍	10
III. 작품 <Musique Couleurs> 에서의 활용	15
1. 작품의 내용	15
2. 멀티 터치 인터페이스를 이용한 실시간 컨트롤	18
IV. 문제점 및 향후과제	21

1. 연구 성과 및 의의	21
2. 연구의 문제점	21
3. 향후 연구 계획	22
 참고문헌	 24
 Abstract	 26
 부록 1: Max/MSP & Jitter의 패치 구성도	 27
 부록 2: 첨부 CD의 내용 설명	 28

그림 목 차

[그림 1] 가시광선의 스펙트럼	6
[그림 2] 도형 3D 좌표 계산 공식	8
[그림 3] Max 패치 - OpenGL 렌더링 서버	10
[그림 4] Max 패치 - 악기별 음원 입력 부분	11
[그림 5] Max 패치 - OpenGL 도형의 좌표 설정 부분	12
[그림 6] Max 패치 - OpenGL 도형의 밝기 및 색상 설정 부분	12
[그림 7] Max 패치 - OpenGL 배경 렌더링	13
[그림 8] Lemur를 이용한 관찰 시점과 광원 위치 컨트롤의 개념 ..	14
[그림 9] A 부분의 장면	15
[그림 10] 작품에 사용된 Quartal Chord	16
[그림 11] B 부분에 사용된 Waves SSL 4000 이퀄라이저 화면	17
[그림 12] A' 부분의 장면	17
[그림 13] Lemur 컨트롤러	18
[그림 14] Lemur 인터페이스 화면	19
[그림 15] Max 패치 - OpenGL 관찰 시점 설정 부분	20
[그림 16] Max 패치 - OpenGL 광원 위치 설정 부분	20

I. 연구의 목적 및 배경

1. 연구 목적

1) 연구의 배경

음악을 시각적인 형태로 표현하려는 시도는 17세기 독일의 과학자 <커쳐> (Athanasius Kircher, 1601~1680)¹⁾로부터 시작되어 현재까지 많은 예술가들에 의해 계속되고 있다.

특히 20세기 후반 컴퓨터의 발전으로 인해 음악과의 상호작용적인 (interactive)²⁾ 시각화(visualization)의 표현이 가능해지면서, 디지털 시스템을 이용한 시각화는 현대 미술과 컴퓨터음악 등 미디어 아트에서 주된 표현 기술의 하나로서 자리 잡게 되었다.

본 연구에서는 이러한 음악의 시각화 기법에 대한 연구의 하나로, 작품 <Musique Couleurs>³⁾를 통해 작곡가의 영감에 따라 만들어진 음악의 선을 진행이나 화성 전개 등 음악적인 움직임들을 효과적으로 시각화하는 새로운 기법을 모색하고, 컴퓨터를 기반으로 한 디지털 시스템을 이용하여 음악과 시각화된 영상이 조화롭게 표현될 수 있는 시스템을 개발하고자 하였다.

동시에 색을 음악으로 표현함에 있어 적절한 작곡 기법들을 충분히 활용하고, 이를 바탕으로 시각화에 효과적인 작곡 기법들 즉, 시각화된

1) S.Nanayakkara, E.Taylor, L.Wyse & S.Ong "Towards Building an Experimental Music Visualizer" IEEE, 2007 p.2

2) '상호간'의 뜻을 지닌 인터(inter-)와 '활동적'의 뜻을 지닌 액티브(active)의 합성어로 상호활동적인, 곧 쌍방향이라는 의미를 지닌다.

3) '음악의 색'이라는 뜻의 프랑스어(Française)

콘텐츠와의 인터랙티비티(interactivity)에 보다 효과적인 음악 기법을 찾고자 하는 것이 또 다른 중요한 연구의 배경이다.

2) 연구의 목적

20세기 후반에 접어들어 음악을 시각적인 디지털 정보로 변환하기 위한 여러 가지 방법들이 시도되었다.

<미트루> (J.Mitroo)⁴ 등에 의해 시도되었던 음정, 음길이, 화성, 음량 등 음악의 기본적인 구성요소들을 바탕으로 색상 조합이나 물체의 움직임을 재구성하는 초창기적 기법에서부터 음량 분석을 기초로 비교적 간단한 실시간 3차원 영상을 제공하는 최근 Windows Media Player⁵의 비주얼라이저(visualizer)까지, 다양한 소스 분석 및 데이터 매핑 방법이 제시되었다.

그중에서도 음악 정보를 3차원 공간상에 컴퓨터 그래픽으로 표현하는 기술은 <스미스> (S.Smith)⁶ 등에 의해 처음으로 소개된 이후 컴퓨터 연산처리속도의 발전과 함께 비약적인 발전을 거듭하고 있다.

이러한 3차원 컴퓨터 그래픽을 이용하여 단순히 색과 선으로 이루어진 2차원적인 표현을 넘어선, 보다 창조적이고 자유로운 방법으로 3차원 공간상에 음악을 시각화할 수 있는 비주얼라이징 시스템을 제작하는 것이 본 연구의 주요 목적이다.

그리고 시각화의 기반이 되는 음악 정보 즉, 오디오 데이터(audio data)의 분석과 이를 실제로 시각화 하는 3D 모델링 과정들을 모두 실시간으로 처리하여, 청중에게 직관적이면서 예술적인 멀티미디어 콘텐츠

4) J.Mitroo, N.Herman & N.Badler, "Movies from Music: Visualizing Musical Compositions" in SIGGRAPH, 1979

5) 미국 마이크로소프트(Microsoft)사가 개발한 동영상 및 음악 재생 프로그램

6) S.Smith and G.Williams, "A Visualization of Music", IEEE, 1997

츠의 전달이 원활히 이루어지는 시스템을 개발하는 것 또한 주요 연구 목적의 하나이다.

2. 작품 배경

1) 작품의 예술적 배경

<Musique Couleurs>는 “음악의 색(色)”이라는 뜻으로, 음악의 각 구성 요소들을 색으로 표현하려는 의도로 작곡 및 컴퓨터 프로그래밍 된 멀티미디어 작품이다.

시각과 청각, 음악과 미술이 공존하는 멀티미디어 아트 형태로 본 작품을 제작하면서 가장 중점을 둔 것은 두 가지 감각, 두 가지 표현수단 간의 연결과 조화이다.

본 작품의 제작이 음악을 시각화 하는 시스템의 제작이면서 또한 한 멀티미디어 작품의 창작이기에, 두 미디어는 작품 속에서 서로 조화를 이루어야 할 것이다.

이를 위해서 3D 시각화를 염두에 둔 음악의 작곡 그리고 음악의 구성 요소들이 잘 표현될 수 있는 3D 그래픽 프로그래밍을 고안하였다.

작품에 사용된 다양한 악기들이 가지고 있는 고유의 소리 즉 음색을 시각적인 정보인 색으로 변환하고, 이러한 소리들이 모여 화음을 이룰 때 생성되는 다양한 색채감을 색의 혼합과 변화로 나타내고자하는 것이 작품의 주된 표현 방법론이다.

모든 악기 선택과 화음의 배치는 시각적인 이미지를 추상적으로 표현하기 위해 의도적으로 구성되었으며, 시간이 경과함에 따라 시각적으로 다이내믹한 움직임이 일어날 수 있도록 다채로운 음색의 변화와 곡의

진행에 무게를 두었다.

그리고 시간적 예술로서의 음악의 특성을 효과적으로 시각화하기 위해 색의 채도와 밝기를 실시간으로 변화시키는 방법을 주로 이용하였다. 작품 속에서 이루어지는 많은 음악적인 움직임들은 삼차원 가상공간 속에서 각 객체들의 이동을 통해 시각화된다.

2) 작품의 기술적 배경

본 작품을 구현하는 시스템은 크게 실시간 음향 분석을 처리하는 부분과 3차원 시각화 프로세스를 처리하는 부분 그리고 실시간 멀티터치 컨트롤러의 3부분으로 나누어진다.

이 가운데 실시간 음향 분석 부분과 3차원 시각화 부분은 모두 Max/MSP & Jitter⁷⁾ 를 사용하여 처리하고 있다.

Max/MSP & Jitter는 직관적인 그래픽유저인터페이스(GUI) 기반의 프로그래밍환경을 바탕으로 미디(MIDI), 오디오 데이터, 비디오 데이터들을 통합적으로 관리, 제어할 수 있는 오브젝트(object)⁸⁾들을 제공한다.

또한 작품에서 가장 핵심적인 부분인 3차원 그래픽 데이터들을 생성해 내는 데에는 Max/MSP & Jitter의 Jitter⁹⁾ 오브젝트들을 사용한다.

실시간으로 분석되는 오디오 데이터에 따라 지속적으로 3차원 공간상의 도형의 크기와 움직임을 변화시키기 위해서 OpenGL¹⁰⁾ 메시지를 연속적으로 생성하고 이를 일정시간 마다 렌더링(rendering)하는 과정

7) Cycling'74사가 개발한 인터랙티브 미디어 환경 디자인 프로그램. 버전 5.0이후부터는 Max, MSP, Jitter를 모두 통합하여 Max로 통칭하고 있다.

8) 특정 작업을 수행하기 위한 함수들의 기능적 집합체.

9) Max에서 비디오 및 그래픽 처리를 위해 개발된 객체들.

10) Open Graphics Library. 실리콘 그래픽스에서 만든 산업 표준 그래픽 라이브러리.

을 거친다.

마지막으로 멀티터치 컨트롤러는 Jazz Mutant의 Lemur¹¹⁾를 사용하여 이더넷 케이블(ethernet cable)을 통한 UDP 신호(protocol)로 Max/MSP & Jitter에 실시간으로 데이터를 보낼 수 있도록 설정하였다.

Max/MSP & Jitter상에서는 OpenSound Control(OSC)¹²⁾ 형식의 데이터를 수신하고 이를 OpenGL의 관찰 시점인 카메라 포인트와 광원의 위치인 라이팅 포인트를 실시간으로 변화시키는데 사용한다.

11) 터치 스크린(Touch Screen) 방식으로 다중 입력을 받을 수 있는 컨트롤러 장치.

12) 캘리포니아 버클리 대학 음향 연구소 CNMAT이 주축이 되어 개발한 디지털 악기와 컴퓨터 간의 신호 통신 체계.

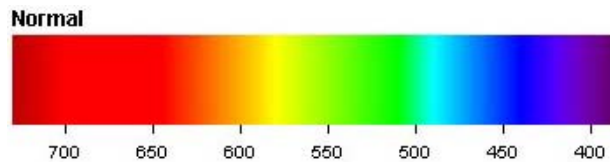
II. 3D Visualization 연구

1. 음악과 3D 영상과의 매핑

1) 음악과 색의 변화

본 작품에서 실시간 음악 분석 데이터를 색상과 3D 공간 좌표로 변환하는 기본적인 방법은 <뉴턴> (Isaac Newton, 1642-1727)의 1666년 색의 스펙트럼에 관한 연구를 토대로 하였다.

뉴턴의 연구에 따르면 빛은 전자기 복사의 한 형태로, 특정한 값의 진동수, 파장 및 이들과 연관 있는 에너지를 갖는다. 빛의 가시 스펙트럼은 400nm의 파장을 가진 보라에서부터 700nm의 파장을 지닌 빨강에 걸쳐 있다.¹³⁾



[그림 1] 가시광선의 스펙트럼

이를 음파(sound wave)의 파장(wave length)에 대입하여 각 음원의

13) Ku. Nassau - 엠포스 백과사전, 브리태니커 백과 > 광학

주파수를 색으로 변환하면 저음일수록 적색 계열, 고음일수록 청색 계열의 색으로 나타낼 수 있다. 각 음원의 최종적인 색은 이 3가지 주파수 대역 색 변환 값의 합 즉, RGB(red, green, blue)값으로 적용하였다. 각 음원의 100Hz를 중심으로 한 저음 주파수 대역의 음량 값은 적색의 농도(RGB중 R의 값), 1000Hz를 중심으로 한 중음 주파수 대역의 값은 녹색의 농도(G), 4000Hz를 중심으로 한 고음 주파수 대역의 값은 청색의 농도(B)로 변환하였다.

RGB 합산의 결과에 따라 자연스럽게 큰 음량은 백색(white 255,255,255)에 작은 음량은 흑색(black 0,0,0)에 가깝게 매핑되므로, 각 음원의 음량 변화는 색으로 원근감을 표현하는 기본적인 방법인 명도와 채도의 차이로 나타나게 되어 작품 속 음량에 의한 악기의 존재감을 3D 공간상의 원근감으로 표현하게 된다.

2) 음악과 도형의 생성

작품 <Musique Couleurs>에는 바이올린, 첼로, 피아노, 베이스, 드럼 등 총 5가지의 악기 음색이 사용되었다. 각 악기 고유의 음색과 작품 속에서의 음악적인 움직임의 시각화하기 위해, 악기들을 구(球)의 형태로 형상화 하였다.

각 악기의 음량을 도형의 크기로 변환하는 것이 가장 직접적이고 효과적인 시각화 방법이라 생각하여, 시각적으로 도형의 크기 변환이 가장 부드러운 형태인 구를 선택하였다.

색을 표현하기 위해 사용된 3개 주파수 대역의 음량 값과는 별도로 각 악기의 전체 음량을 실시간으로 분석하여 이를 구의 크기로 변환하였다. 또한 이 전체 음량 값에 비례하여 각 도형은 빠르거나 느린 속도로

회전하게 된다.

각 악기를 더욱 차별화하고, 시각적으로 다양한 표현을 위해, 각 구마다 서로 다른 텍스처(texture)를 매핑 하였다. 각 구의 적용되는 색의 명도에 따라 텍스처들의 밝기도 같이 변화한다.

3) 도형의 좌표 설정

음악에서 음색의 변화는 주파수 반응 패턴(frequency response pattern)의 변화로도 표현될 수 있다. 본 작품에서는 각 주파수 대역 음량 값들의 차이를 이용하여 이러한 변화를 3차원적인 움직임으로 시각화하는 방법을 사용하였다.

각 음원의 고음대역과 중음대역의 음량 차이 값을 x축 좌표로, 고음대역과 저음대역의 음량 차이 값을 y축 좌표로, 중음대역의 음량 값을 z축 좌표로 매핑 하는 방법을 기본적으로 사용하고, 아래 그림과 같이 각 악기 별로 이 공식을 상이하게 적용하여 음원들이 3D 공간의 중심에서 서로 다른 방향으로 이동하도록 설정하였다.

	x 좌표	y 좌표	z 좌표
바이올린	고음 - 중음	고음 - 저음	중음
첼로	고음 - 저음	고음 - 중음	중음
피아노	고음 - 중음	중음 - 저음	중음
베이스	저음 - 고음	저음 - 중음	저음
드럼	중음 - 저음	고음 - 저음	고음

[그림 2] 도형 3D 좌표 계산 공식

이러한 좌표 매핑을 통해 작품 속 바이올린 음색의 구는 음량 분석 데이터에 따라 중심으로부터 우측 상단 끝으로 주로 이동하며, 반대로 베이스 음색을 나타내는 구는 중심으로부터 좌측 하단으로 이동하게 된다. 이러한 구의 이동과 함께 앞 문단에서 언급한 회전운동이 동시에 일어나게 됨으로, 각 구는 음량의 크기에 따라, 정해진 방향으로 회전하며 이동하는 역동적인 움직임을 보인다.

이처럼 각 악기들의 음색이 가상공간 상의 서로 다른 영역에서 나타나도록 시각화함으로써, 음악에서 각 악기들이 가지는 음악적 움직임을 전체적으로 관찰할 수 있도록 하였다.

또한 전체적인 음량 이외에 각 악기의 존재감(presence)를 나타내는 가장 중요한 요소인 증음 대역의 음량 값을 주로 z 축 좌표 값으로 사용하여, 각 악기의 존재감이 강해짐에 따라 3차원 공간상에서 보다 전면으로 이동할 수 있게 설정하였다.

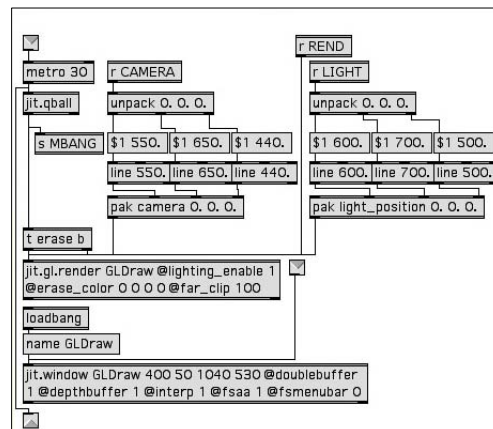
2. Max/MSP & Jitter와 OpenGL 프로그래밍

본 작품과 연구를 수행하는 데 있어 가장 중요한 작업은 음악을 실시간으로 분석하고 이를 적절한 3D Graphics 데이터로 변환하는 작업이다. 또한 모든 작업은 실시간으로 이루어져야 함으로, 오디오 비디오 데이터의 분석, 처리 기능을 인터프리터(interpreter)의 형태로 실시간으로 수행하는 Max/MSP & Jitter를 사용하였다.

먼저 음악을 분석하는 데에는 MSP 오브젝트들을 사용하여 악기들의 음원을 출력함과 동시에 3개 주파수 대역의 음량 값을 분석하여 Jitter 오브젝트들로 보내는 작업을 수행한다.

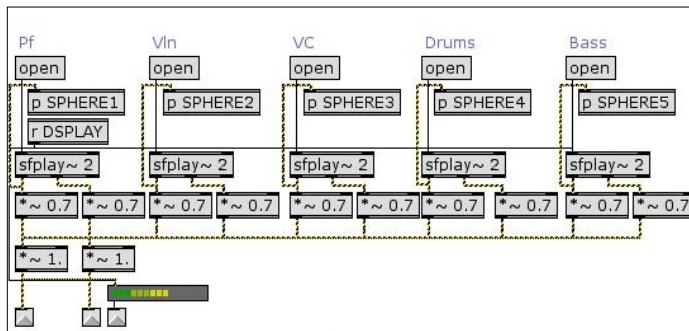
3D 공간과 도형을 만들어내는 작업에는 Jitter 오브젝트들 중에서 OpenGL 드로잉을 지원하는 오브젝트들을 사용하였다.

MSP 오브젝트들에서 입력받은 각 대역 별 음량 값을 기초로 앞서 밝힌 RGB 값과 3D 좌표 값을 연산하는 과정을 거쳐, 이 데이터에 따라 실시간으로 OpenGL 메시지들을 생성하고, 이를 OpenGL 서버(Server) 오브젝트에서 스크린에 렌더링 하는 방법을 사용하였다.



[그림 3] Max 패치 - OpenGL 렌더링 서버

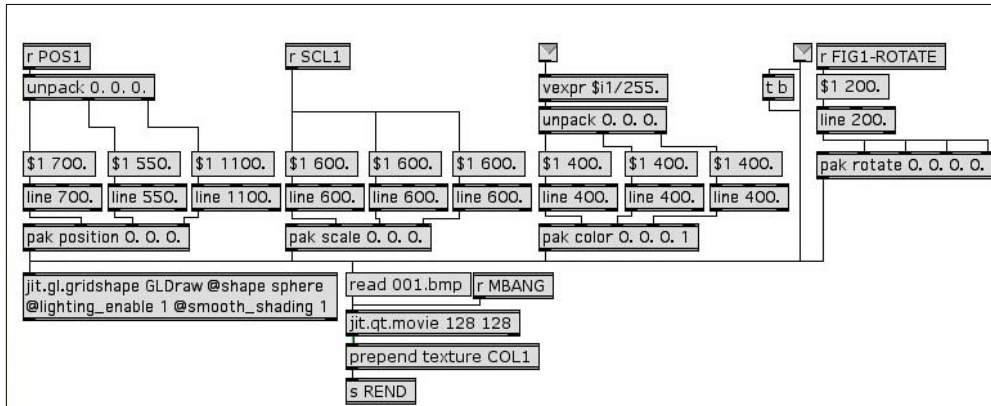
미리 만들어진 음악은 각 악기 별로 5개의 독립적인 웨이브 파일 (Wave)의 형태로 준비하였다. 각 파일들은 외부 터치 컨트롤러의 시작 신호에 따라 동시에 재생되고 실시간으로 MSP 오브젝트들에 의해 분석되어진다.



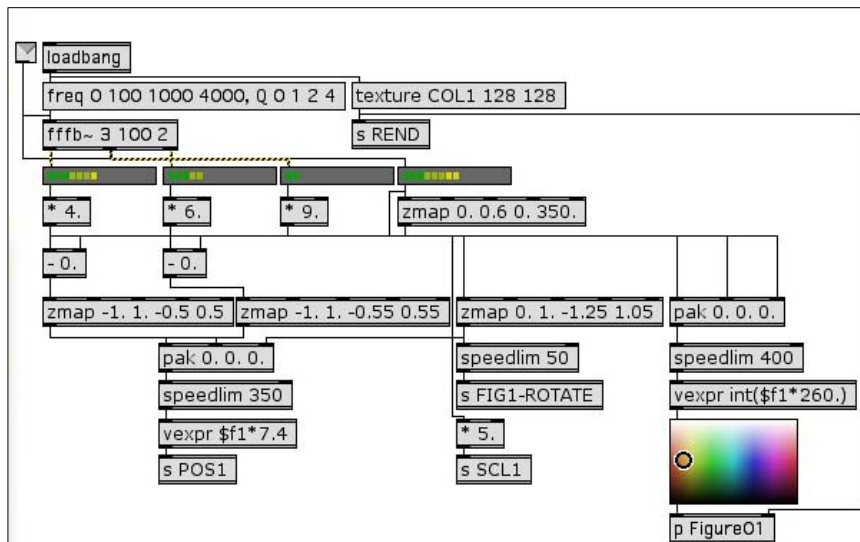
[그림 4] Max 패치 - 악기별 음원 입력 부분

다음 과정으로 각 음원들은 100Hz, 1000Hz, 4000Hz를 중심 주파수로 한 세 개의 대역으로 나누어지고, 각 대역의 음량 값이 RGB 값으로 변환된다. 또한 전체 음량 값은 구의 크기와 회전 속도를 결정하는 값으로 변환된다.

앞서 밝힌 3차원 가상공간 좌표 값을 실시간으로 연산하는 5가지의 상이한 공식에 따라 좌표 값이 결정되면 각 악기의 구도형 생성을 담당하는 Jitter오브젝트로 모든 데이터를 보내, 각 도형의 현재 크기와 위치, 색을 적용할 수 있도록 준비한다.

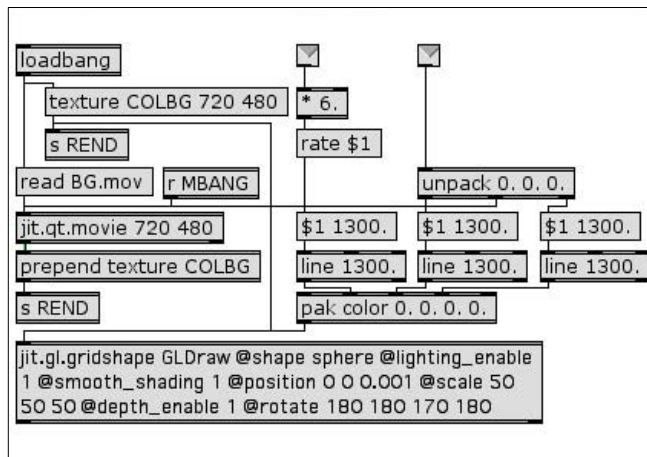


[그림 5] Max 패치 - OpenGL 도형의 좌표 설정 부분



[그림 6] Max 패치 - OpenGL 도형의 밝기 및 색상 설정 부분

연산되는 값들 중 3D 좌표 값은 350ms, 구의 회전 값은 50ms, 구의 색상 값은 400ms 마다 OpenGL 렌더링 서버로 보내지도록 한계를 설정하였는데, 이는 너무 짧은 간격으로 많은 프로세싱을 수행하여 생길 수 있는 시스템 부하와 레이턴시(latency)등의 부작용을 막기 위해서이다.



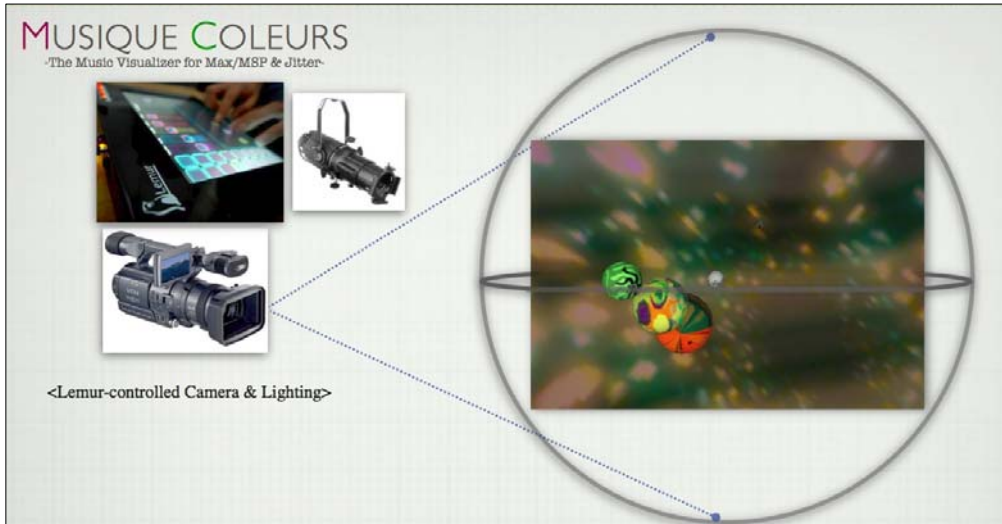
[그림 7] Max 패치 - OpenGL 배경 렌더링

작품 속 3D 가상공간은 전체적으로 하나의 큰 구 속에 각각의 작은 구들이 움직이는 것으로 설정하였다.

이 가상공간 전체의 크기와 경계를 표현하기 위해 큰 구를 생성한 후에 동영상들을 이 구의 텍스처로 사용하였다. 배경 텍스처 동영상은 작품의 진행에 따라 교체되게 되며, 배경 동영상의 재생 속도는 전체 음악의 음량 값에 따라 빨라지거나 느려지도록 설정하였다.

작품을 관찰하는 시점과 광원의 위치의 변화 또한 이 구 안에서 일어나도록 설정하여, 최종적으로 스크린에 렌더링 되는 결과물은 구 안쪽

에서 각 악기 구들의 움직임과 반대편의 배경 텍스처 동영상을 관찰하는 형태로 나타나게 된다.



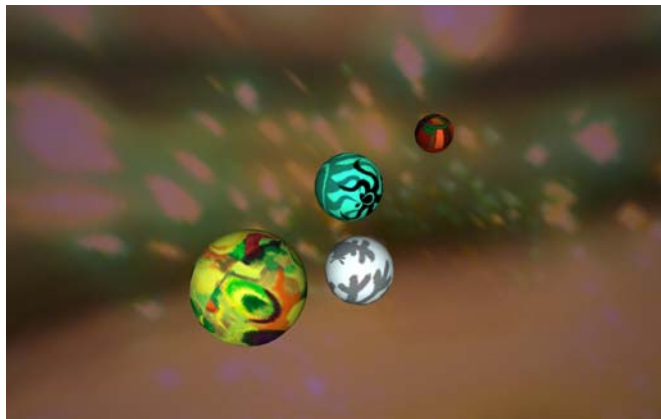
[그림 8] Lemur를 이용한 관찰 시점과 광원 위치 컨트롤의 개념

III. 작품 <Musique Couleurs> 에서의 활용

1. 작품의 내용

작품<Musique Couleurs>는 음악 형식상 A-B-A'의 3부분 구성으로 이루어져 있다.

또한 작품 속에서 각 악기들이 가지고 있는 음색들은 색감을 지닌 삼차원 도형의 형태로 시각화되고, 실시간으로 이루어지는 사운드 분석을 통해 얻어진 좌표 값에 따라 이 도형들이 가상공간 속을 이동하는 영상을 생성해내고 있다.



[그림 9] A 부분의 장면

A 부분에서는 주로 피아노 사운드를 사용하여 상행, 하향을 반복하는 화음들의 움직임을 통해 다양한 도형들의 움직임이 나타날 수 있도록 구성했다.

또한 음악적으로 다양한 색채감을 주기 위해 일반적인 장, 단조의 조성 체계 대신 자유로운 피치클래스(pitch classes)¹⁴⁾들을 사용하였고, 기본적인 화성체계 또한 쿼털코드(quartal chord)¹⁵⁾와 퀸털코드(quintal chord)¹⁶⁾를 중심으로 한 풍성한 느낌의 화음들로 구성하였다.

이와 같은 조성과 화성 기법은 <드뷔시> (C. Debussy, 1862-1918)¹⁷⁾를 위시한 낭만파 작곡가들이 시각적인 이미지를 추상적으로 표현하기 위해 주로 사용하던 방법으로, 본 작품에서는 시각화에 어울리는 음악적 표현을 찾고자 하는 의도로 사용되었다.



[그림 10] 작품에 사용된 Quartal Chord

B 부분에서는 보다 다이내믹하고 강렬한 시각, 청각적 이미지를 표현하기 위해서 현악 오케스트라, 베이스, 전자 드럼 등의 악기들이 추가 사용되었다.

상대적으로 선율적이면서 느릿한 움직임이 중심인 A 부분과 대조적으로, B 부분에서는 9/8 박자를 기초한 3박자 계열의 리듬이 빠르게 전개된다.

또한 보다 다양한 음향적 효과를 위해 이퀄라이저(equalizer)¹⁸⁾를 비롯

14) 작곡가가 임의로 정한 음정 관계들로 이루어진 스케일.

15) 완전 4도등 4도 관계의 음정을 연속으로 쌓아 만드는 화성.

16) 완전 5도등 5도 관계의 음정을 연속으로 쌓아 만드는 화성.

17) 프랑스 출신의 19세기 낭만파 작곡가.

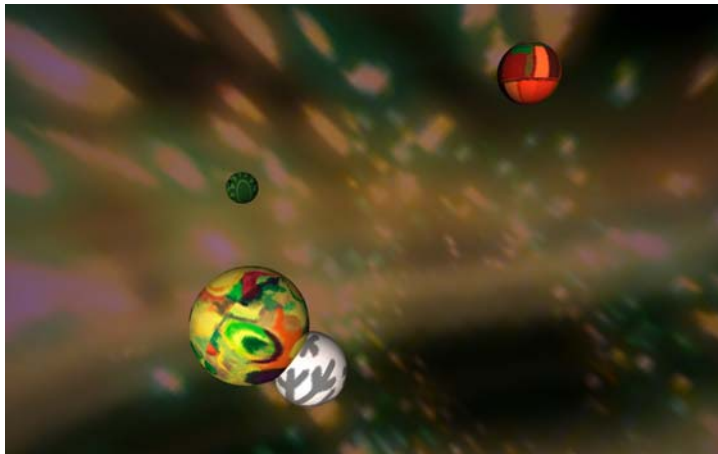
18) 특정 주파수 대역의 음량을 증폭하거나 감쇄하는 오디오 신호 처리 장치.

한 다양한 오디오 이펙트들을 사용하였다.



[그림 11] B 부분에 사용된 Waves SSL 4000 이퀄라이저 화면

마지막을 구성하는 A' 부분에서는 A 부분의 피아노 주제를 약간 변형된 형태로 반복한 뒤 끝을 맺는다.

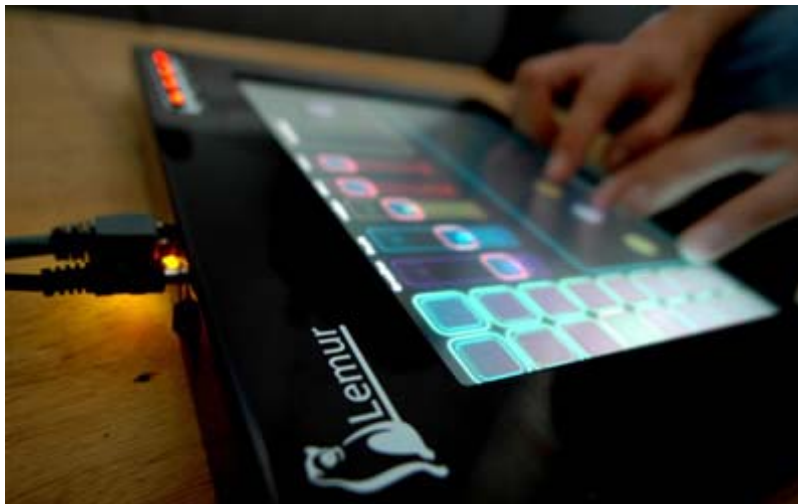


[그림 12] A' 부분의 장면

2. 멀티 터치 인터페이스를 이용한 실시간 컨트롤

본 작품 <Musique Couleurs>는 하나의 구를 전체적인 가상공간의 배경으로 하고 있다. 관찰자의 시점이 구 내부에서 자유롭게 실시간으로 변경될 수 있도록 하기위해서는 3차원 x, y, z 좌표의 값을 빠르고 직관적으로 변경할 수 있어야한다.

Jazz Mutant에서 개발한 Lemur는 터치스크린 방식의 컨트롤러로 사용자가 자유롭게 인터페이스를 프로그래밍 할 수 있으며 실시간으로 멀티 터치 입력을 받을 수 있기 때문에 본 작품에 가장 적합한 컨트롤러라 할 수 있다.

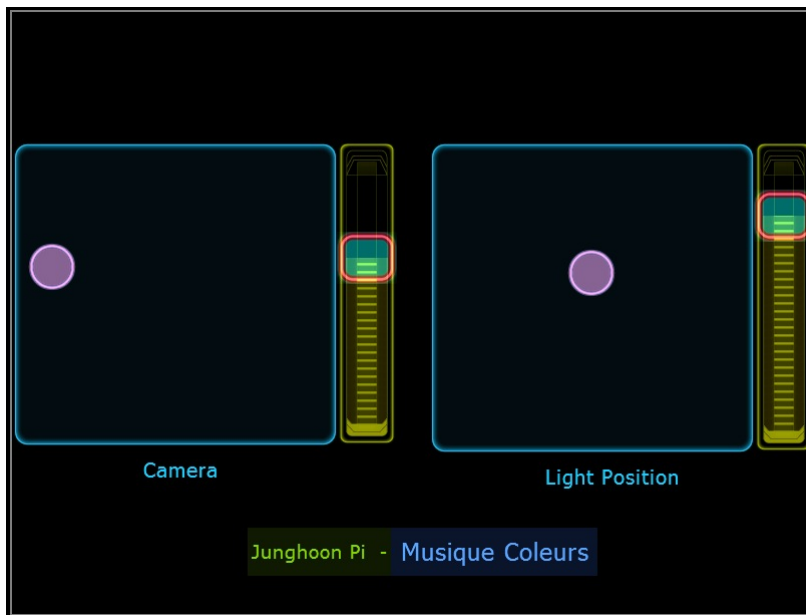


[그림 13] Lemur 컨트롤러

3D 공간상의 관찰 시점인 카메라의 위치를 빠르게 이동할 수 있도록 하기 위해 먼저 Lemur상에 x, y 두 축의 좌표 데이터를 동시에 컨트롤 할 수 있는 멀티 볼(multi-ball) 컨트롤러를 사용하였다. 멀티 볼은 사각형 내부의 포인트인 볼의 움직임에 따라 가로, 세로의 좌표 값을 출력하는 것으로 본 작품에서는 왼손의 손가락을 사용하여 x와 y 좌표 값을 조정하는데 사용한다.

또한 z축 좌표 설정을 위해서는 우측에 페이더를 사용하였는데, 왼손으로 상, 하, 좌, 우를 설정하면서 동시에 오른손으로 전, 후 방향의 이동을 할 수 있도록 하기 위해서이다.

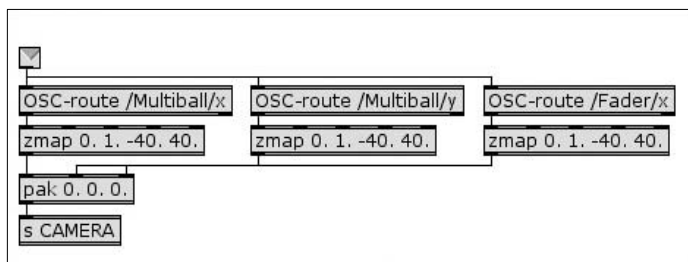
광원의 위치 변경과 동일한 인터페이스를 통해 직관적으로 빠르게 이루어 질 수 있도록 하였다.



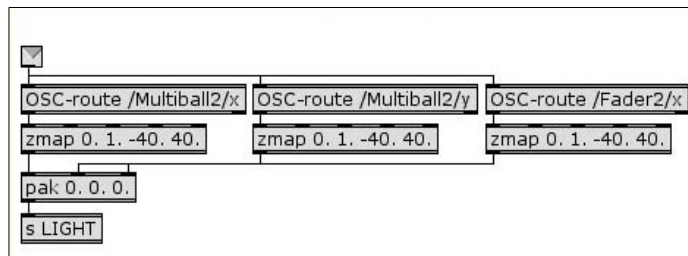
[그림 14] Lemur 인터페이스 화면

Lemur와 Max/MSP & Jitter의 통신은 이더넷 환경에서 일반적으로 사용되는 랜케이블(LAN Cable: Cat5)을 통한 UDP 프로토콜(protocol)로 이뤄진다.

Max/MSP & Jitter상에서 미리 할당된 Port 8000번을 통해 OpenSound Control 형식의 데이터를 입력받아 OpenGL상의 관찰 시점(camera position)과 광원의 위치(lighting position)를 실시간으로 변화 시키는데 사용하고 있다.



[그림 15] Max 패치 - OpenGL 관찰 시점 설정 부분



[그림 16] Max 패치 - OpenGL 광원 위치 설정 부분

IV. 문제점 및 향후과제

1. 연구 성과 및 의의

음악 작품을 시각화할 수 있는 다양한 방법론 중의 하나로서 본 작품과 Visualizing System을 개발하고 제안하는데 이번 연구의 가장 큰 의미가 있다고 할 수 있다. 그리고 이번 연구를 통하여 얻어진 가장 큰 성과는 3차원 그래픽을 시각화에 사용하기 위해 MSP에서 분석한 데이터를 OpenGL 메시지로 전달하는 효과적인 기법들의 적용이다.

Max/MSP & Jitter상에서 시각화 과정을 부드럽게 처리하기 위해서는 실시간으로 음악을 분석하는 과정에서 발생하는 대량의 데이터를 필터링하여 OpenGL 오브젝트로 보내는 작업이 필요했으며, 각 프로세스의 단계마다 효과적인 필터링 방법을 따로 적용했다.

또한 색 가시광선의 파장을 이용하여 주파수 대역별로 악기의 질감을 표현하고 음량에 따라 도형의 위치와 크기 그리고 회전운동이 변화하도록 하는 과정을 통해 3차원 가상공간의 장점을 충분히 활용할 수 있었다.

2. 연구의 문제점

본 작품에서의 적용을 넘어 보다 실용적이고 범용으로 사용될 수 있는 visualizer로서의 역할을 수행하기 위해서는 다음과 같은 문제점들을 보완해야 할 것이다.

첫째, 보다 많은 실험을 통해 다양한 음악들에도 일반적으로 적용될 수

있는 효과적인 3D Visualizing 기법을 발전시킬 필요가 있다. 현재의 프로그램은 본 작품<Musique Couleurs>처럼 비교적 리드미컬한 음악을 시각화하는 것에는 효과적일 수 있으나, 음악의 음량 변화 즉 다이내믹 레인지(dynamic range)의 폭이 좁은 음악을 시각화함에 있어서는 비효과적일 수밖에 없다.

이는 결국 음량 변화 분석을 통한 데이터 이외에도 다른 종류의 데이터들을 시각화 프로세싱의 파라미터(parameter)로 활용할 필요가 있음을 보여준다.

둘째, 음악요소들을 물체로 표현함에 있어 색이나 크기 뿐 아니라 형태까지도 자유롭게 변화시킬 수 있다면 더욱 다양하면서도 직관적인 시각화의 표현이 가능할 것이다. 이는 일차적으로 보다 심도 깊은 OpenGL 프로그래밍을 통해서 보완이 가능할 것으로 보인다.

셋째, 현재 실시간으로 이루어지는 3D 렌더링의 한계인 레이턴시(latency)의 보완이다. 본 시스템을 통하여 보다 다이내믹하면서도 인터랙티브한 실연 결과를 얻어내기 위해서는 더욱 효율적인 프로그래밍을 위한 연구와 실험이 필요할 것으로 보인다.

3. 향후 연구 계획

이번 연구에서는 음악의 시각화에서 가장 중요하다고 할 수 있는 렌더링 즉 마지막 그래픽 디스플레이의 완성도 측면에서 많은 아쉬움을 남겼다.

Max/MSP & Jitter에서의 오디오 실시간 분석 패치를 발전 보완하고 이를 보다 원활한 실시간 OpenGL 렌더링을 제공하는 프로그램과 연동시킬 수 있는 방법 등, 다양한 연구를 통해 그래픽 자체의 완성도와 안

정적인 렌더링을 구현할 수 있을 것이다.

또한 본 작품처럼 완성된 음향을 통해서만이 아니라 마이크 입력이나 컴퓨터에서 실시간으로 생성되는 음원 등의 라이브뮤직을 시각화하는 방법으로서 본 시스템의 적용범위를 넓히는 연구도 계속해나갈 계획이다.

검색어(Keyword): 비주얼라이저(visualizer),
멀티미디어음악(multimedia-music), 인터랙티브 아트(interactive arts),
컴퓨터음악(computer-music), Max, Max/MSP, Jitter, OpenGL

E-mail: junghoon.pi@yale.edu

참고문헌

1. 단행본

- D.Budries, 「Theatrical Sound Design Sound Delivery System」, Yale University, 2008
- S.Kostka, 「Materials and Techniques of Twentieth-Century Music」, New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2006

2. 참고논문

- 최홍찬, 「Max/MSP와 OpenGL을 이용한 인터랙티브 음악 시스템 개발 연구」, 동국대학교 석사학위 논문, 2005
- J.V.Carlis and J.A.Konstan, 「Interactive Visualization of Serial Periodic Data」, USIT in San Francisco, 1998
- S.Nanayakkara, E.Taylor, L.Wyse & S.Ong, 「Towards Building an Experimental Music Visualizer」, IEEE, 2007
- S.L.Loo and J.A.Kenyon, 「Dance Visualization of Music」, United States Patent Pub. No. US2002/0189431A1, 2002

3. 인터넷사이트

- Cycling '74 Web Documents,
<http://www.cycling74.com/>
- Center for New Music & Audio Technologie
University of California at Berkeley Web Blogs,
<http://cnmat.berkeley.edu/blogs/>

- Jazz Mutant Web Forum,
<http://forum.jazzmutant.com/>
- 엠파스 백과사전 Web Documents,
<http://100.empas.com/>
- Yale University Library Catalog,
<http://orbis.library.yale.edu/>

Abstract

Research on 3D Visualization

Using Realtime Sound Analysis

(Focus on Multimedia Music - 'Musique Couleurs')

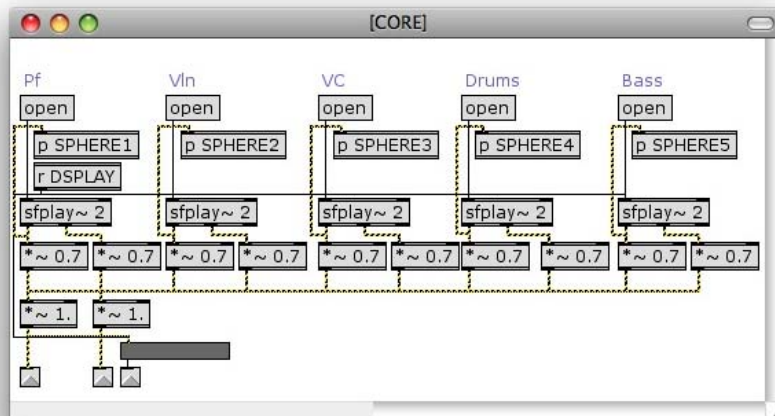
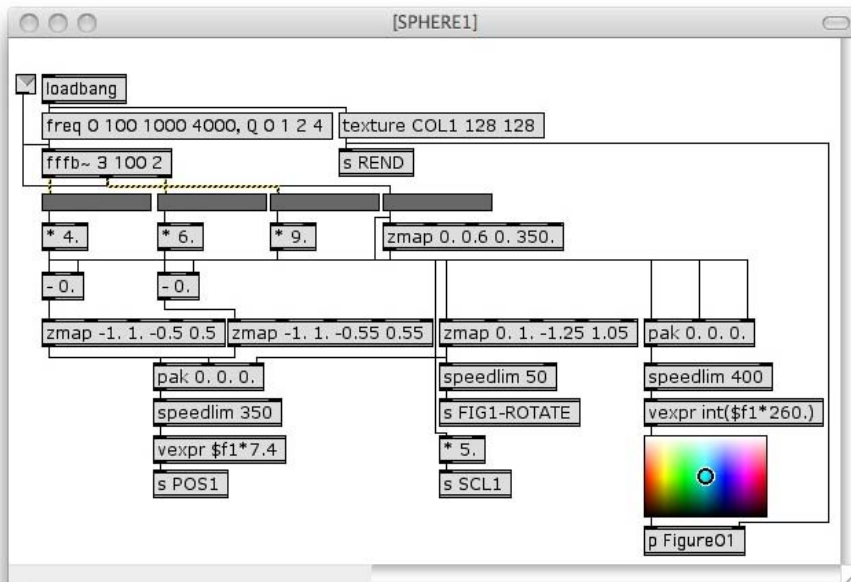
Pi, Jung Hoon

In terms of visualizing a music piece, The utmost important concern is how to convert musical idea that is created by composers into visual materials.

In this paper, I propose a novel system which takes advantage of Max/MSP and OpenGL that can perform realtime music visualizations with 3D computer graphics. The proposed visualization scheme is using color change, size changes and spinning of 3D objects to display musical elements of the piece 'Musique Couleurs' on a screen. In addition, I have used a touch screen interface as input device to change the visualization outputs rapidly in realtime.

The proposed system is a first step to develop sophisticated techniques of music visualization with 3D computer graphics and also to find appropriate composition techniques that would be effective to be visualized.

부록 1: Max/MSP & Jitter의 패치 구성도



부록 2: 첨부 CD의 내용 설명

- ① Music Coleurs.mov
연주실황 녹화 동영상
- ② Music Coleurs.pat
Max/MSP 패치