

석 사 학 위 논 문

바이올린의 실시간 음색 분석을 통한
오디오-비주얼 작품 제작 연구
(멀티미디어음악작품 <Planetarium>을 중심으로)

지도교수 김 준

동국대학교 영상대학원
멀티미디어학과 컴퓨터음악전공
오 슬 아

2 0 1 1

석 사 학 위 논 문

바이올린의 실시간 음색 분석을 통한
오디오-비주얼 작품 제작 연구
(멀티미디어음악작품 <Planetarium>을 중심으로)

오 슬 아

지도교수 김 준

이 논문을 석사학위논문으로 제출함.

2011년 1 월 일

오늘아의 음악석사학위(컴퓨터음악전공) 논문을 인준함.

2011년 1 월 일

위원장: 정 진 현 (인)

위 원: 김 정 호 (인)

위 원: 김 준 (인)

동국대학교 영상대학원

목 차

| | |
|-----------------------------|----|
| I. 연구의 배경과 목적 | 1 |
| 1. 연구 배경 | 1 |
| 1) 공감각에 기초한 청각의 시각화 | 1 |
| 2) 사례 연구 | 2 |
| 2. 연구 목적 | 4 |
| II. 작품 내용 | 5 |
| 1. 작품의 의도와 내용 | 5 |
| 2. 작품 구성 | 7 |
| 1) 무대 구성 | 7 |
| 2) 음악 구성 | 9 |
| 3) 작품 구성 | 12 |
| III. 작품에 사용된 기술적 연구 | 14 |
| 1. 바이올린 음색 분석 | 14 |
| 1) 주법에 의한 음색 분석 | 14 |
| ① sul ponticello | 17 |
| ② con sordino | 19 |
| ③ natural harmonics | 21 |
| ④ pizzicato, snap pizzicato | 22 |

| | |
|---------------------------|----|
| 2. 영상 효과 기술 | 24 |
| 1) LED 손전등을 이용한 흑·백 영상 | 24 |
| 2) 피드백 영상 | 26 |
| 3) 음색 분석 데이터를 이용한 영상 프로세싱 | 28 |
| 4) 음량값을 이용한 실시간 영상 효과 | 32 |
| | |
| IV. 연구 기술의 작품 적용 및 효과 | 34 |
| 1. 음색 분석을 통한 공감각 적용 | 35 |
| 2. 샤막을 이용한 영상 3D효과 | 38 |
| 3. 영상과 퍼포먼스의 구성 및 제작 | 39 |
| 1) section A에서의 기술 적용 | 40 |
| 2) section B에서의 기술 적용 | 41 |
| 3) section C에서의 기술 적용 | 43 |
| 4) section A'에서의 기술 적용 | 46 |
| | |
| V. 결론 및 향후 계획 | 48 |
| 1. 연구의 문제점 | 48 |
| 2. 향후 연구 계획 | 49 |
| | |
| 참고문헌 | 51 |
| | |
| Abstract | 54 |

| | |
|--------------------------------|----|
| 부록-1 : violin score ----- | 56 |
| 부록-2 : Max/MSP/Jitter 패치 ----- | 60 |
| 부록-3 : 첨부 DVD설명 ----- | 61 |

표 목 차

| | |
|--|----|
| [표-1] 음악의 구성 | 9 |
| [표-2] 작품의 구성 | 12 |
| [표-3] 분석에 사용된 음의 종류 | 15 |
| [표-4] 일반 음색과 sul ponti.의 배음 구조 비교 분석 | 18 |
| [표-5] 음색과 색의 명도와의 관계 | 35 |
| [표-6] 작품 구성과 사용 기술 | 47 |

그 립 목 차

| | |
|--|----|
| [그림-1] 음악을 시각화한 컬러 오르간 | 3 |
| [그림-2] 무대 정면도 | 7 |
| [그림-3] 무대 구성(top view) | 8 |
| [그림-4] 바이올린, 클라리넷, 오보에, 해금 음색 비교 | 16 |
| [그림-5] G현 A3 음색 비교 | 17 |
| [그림-6] G현 G4 음색 비교 | 20 |
| [그림-7] G현 G4 음색 비교 | 21 |
| [그림-8] A현 B4 pizz. 음색 비교 | 23 |
| [그림-9] 흑·백 영상을 위한 패치 | 24 |
| [그림-10] jit.rgb2luma오브젝트를 이용한 영상 | 25 |
| [그림-11] LED 손전등을 이용한 흑·백 영상 | 25 |
| [그림-12] 피드백을 위한 패치 | 26 |
| [그림-13] 피드백을 적용한 영상 | 27 |
| [그림-14] A현, E현의 A5 음색 비교 | 28 |

| | |
|-----------------------------|----|
| [그림-15] 실시간 음색 분석을 위한 패치 | 29 |
| [그림-16] 음색 분석 데이터 값을 이용한 영상 | 30 |
| [그림-17] 음색 분석 데이터 값을 이용한 영상 | 31 |
| [그림-18] 음량값을 이용한 영상 패치 | 32 |
| [그림-19] 음량값에 의한 구의 움직임 | 33 |
| [그림-20] 샤막에 영사된 영상 | 33 |
| [그림-21] 주파수의 따른 음색 비교 | 35 |
| [그림-22] 주법 적용 영상 | 36 |
| [그림-23] 주법 적용 영상 | 37 |
| [그림-24] 샤막을 이용한 3D효과 | 38 |
| [그림-25] 시스템 구성도 | 39 |
| [그림-26] section A의 퍼포먼스와 영상 | 41 |
| [그림-27] section B의 퍼포먼스와 영상 | 43 |
| [그림-28] section C의 퍼포먼스와 영상 | 45 |
| [그림-29] section A'의 퍼포먼스 | 46 |

악보 목차

| | |
|------------------------|----|
| [악보-1] section A의 주제선율 | 10 |
| [악보-2] section B의 주제선율 | 10 |
| [악보-3] section C의 선율 | 11 |

I. 연구의 배경과 목적

1. 연구 배경

1) 공감각에 기초한 청각의 시각화

소리는 귀로 듣고 영상은 눈으로 보는 것이 일반적이다. 소리는 인간의 귀를 통하여, 영상은 눈을 통하여 청각과 시각으로 전해지게 된다. 이것은 인간이 가지고 있는 감각원리의 기본이다. 그러나 이러한 감각의 원리의 기본에서 벗어나 소리를 들을 때 색상을 느끼고, 영상을 볼 때 후각과 미각을 느끼는 현상을 경험 할 수 있다. 이러한 것을 공감각(synesthesia)¹⁾이라 한다. 예를 들어 청각적 자극에 의해 소리를 듣는 동시에 색상을 느낀다거나 시각적 자극에 의해 색상을 보면서 소리를 느끼는 경우와 같이 다른 양상의 감각 간에 상호 영향이 생기는 것이 공감각이다.

화가인 <바실리 칸딘스키> (Wassily Kandinsky, 1866~1944)²⁾는 모스크바에서 바그너의 오페라를 감상하면서 자신의 머릿속에서 색과 스케치가 되는 것을 보았다고 말했으며, 이를 작품에 적용하여 공감각을 표현하였다. 작곡가 <메시앙> (Olivier Messiaen, 1908~1992)³⁾, < 쇤베르크 > (Arnold Schonberg, 1874~1951)⁴⁾, <스크리아빈> (Alexander Scriabin, 1872~1915)⁵⁾도 악기의 음색, 화성을 색깔로 표현한 바 있다.

-
- 1) 어떤 자극에 의하여 일어나는 감각이 동시에 다른 영역의 감각을 일으키는 일-심리학자 존 로커(John Locke, 1632-1704)에 의해 기술되어짐.
 - 2) 러시아의 화가, 판화제작자, 예술 이론가.
 - 3) 프랑스의 작곡가, 오르가니스트, 조류학자.
 - 4) 오스트리아의 작곡가.
 - 5) 러시아의 작곡가.

이렇듯 공감각으로 지닌 작곡가들은 음악을 청각뿐 아니라 시각적인 예술 감각을 통하여 표현하여 음악의 시각화를 시도하였다.

감각을 통한 예술들은 21세기 멀티미디어가 발달함에 있어서 사람들의 시각, 청각 등 오감(五感)⁶⁾을 자극하는 공감각을 통해 변화되어 가고 있다. 시각화를 이용한 음악, 청각화를 이용한 미술 등 많은 예술분야에서 공감각에 관한 연구들이 진행되고 있으며 작품에 공감각이 적용하고 있다. 즉, 단순히 ‘듣는 소리’와 ‘보는 영상’이 아닌, ‘음악을 듣고, 본다.’ 라는 시각·청각예술이 서로 영향을 끼치는 예술적 미디어는 더욱더 발전을 거듭하고 있다.

2) 사례 연구

1893년 영국의 <알렉산더 리밍톤> (Alexander Rimington)⁷⁾은 공감각으로 느끼는 소리음의 색들을 빛으로 보여주는 장치를 오르간에 연결하여 만든 컬러 오르간(Color Organ)을 개발하였다. 이 악기는 색조명이 건반에 연결되어 건반이 울릴 때마다 해당 조명이 투사되어 음악과 함께 표현되도록 설계된 악기로, 음악의 청각적 표현을 실제의 시각적 표현으로 변환시켜 볼 수 있는 음악을 가능하게 해준 시발점이라 할 수 있다.

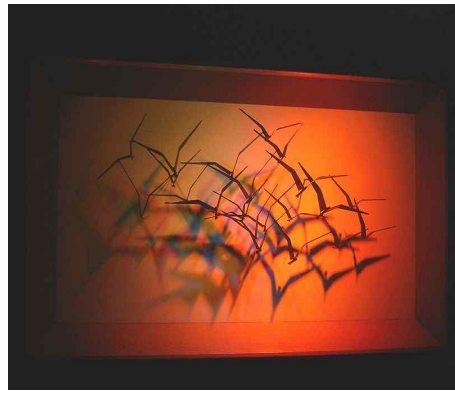
[그림-1]의 (a)는 알렉산더 리밍톤의 컬러 오르간이고, (b)는 20세기의 제작된 컬러 오르간의 예이다. 이처럼 소리를 이미지로 보여주기 위한 시도는 20세기에 들어와서 전자기기의 발달로 활발하게 진행되었다.

6) 시각·청각·후각·미각·촉각 등의 5가지 감각으로 감각을 신체에 있는 감각수용기의 종류로 분류한 것.

7) 영국의 학자로 저서로는 *Colour-Music: The Art of Mobile Colour*가 있다.



(a) 리밍톤의 컬러 오르간



(b) 20세기의 컬러 오르간

[그림-1] 음악을 시각화한 컬러 오르간

소리의 파형을 보여주는 오실로그래프(oscilloscope)를 사용하여 소리를 시각적 영상으로 보고, 스펙트로그래프(spectrograph)를 통해 소리의 배음들을 스펙트럼으로 분석하여 볼 수 있다. 실제로 공감각을 이용하여 만든 작품들이 있는데, LED(Light Emitting Diode)⁸⁾빛을 이용하여 각각의 주파수에 색감을 적용하여 음악에 반응하는 컬러 오르간, 빛을 이용한 라이트 오르간(light organ)등이 있다. 또한 실생활에서 사용되는 아이폰(iPhone)의 어플리케이션을 통하여 컬러 오르간과 같은 공감각 작품을 가까이 접할 수 있게 되었다.

8) 발광 다이오드, 백열전구보다 수명이 길다.

2. 연구 목적

본 연구는 바이올린 주법의 음색 분석을 통해 음악의 시각화를 위한 오디오-비주얼 작품을 제작하기 위한 연구이다. 근래에 음악을 시각화하기 위한 공감각에 관한 연구가 활발히 진행되고 있지만, 실제의 소리를 시각감각으로 느끼게 하기 위한 작곡가나 과학자들의 노력은 오래 전부터 이루어져 왔다. 공감각의 관한 연구의 역사는 고대 그리스 철학자들이 음악과 색을 결부시켰다는 사료의 자취를 기반으로 <아이작 뉴턴> (Isaac Newton, 1643~1727)⁹⁾이 제안했던 음조와 색조간의 차이에서 그 시작을 찾을 수 있다. 또한 공감각으로 느끼는 음의 색들을 빛으로 보여주는 컬러 오르간과 같이 소리와 색의 관계에 대한 연구는 꾸준히 되어왔다.

본 연구는 기존에 연구되었던 공감각 자료를 바탕으로 바이올린 음색과 색조를 접목하여 음악의 시각화를 예술적 요소로 표현하기 위한 연구이다.

9) 영국의 물리학자, 수학자, 천문학자, 광학자, 자연철학자이자 연금술사, 신학자.

II. 작품 내용

1. 작품의 의도와 내용

본 작품의 제목인 <Planetarium>(플라네타륨)은 별 비춤, 천체 투영관을 뜻한다. 플라네타륨은 천체의 운동을 나타내는 기계로 천체의 과거, 현재, 미래의 운동을 영상화하며, 천체 운동의 간편한 계산기로도 사용된다. 즉 별을 볼 수 있는 관측기(planetarium)이다. 작품적 의미에 있어서는 작은 불빛으로 별을 보게되고, 인간의 내면을 보게되고, 어려움을 극복하며, 희망을 전달하게 된다는 내용을 담고 있다. 자연과 인간은 공존함에 있어서 서로에게 이로움과 해로움을 준다. 자연이 인간에게 아름다운 별을 보여 주는 반면, 사회가 발달하면서 편리함과 이기심으로 인해 자연은 인간으로부터 해를 입게 된다. 기상 이변과, 오존 파괴 등으로 인해 인간도 또한 해를 입고 있다.

본 작품에서 관측기로 보는 과거는 손전등의 불빛을 통하여 자연의 아름다운 별을 보게 되며, 현재는 밝은 빛과 어두운 빛을 통하여 인간의 이기심으로 인해 자연을 잃게 되는 내면의 공포, 두려움이 보이게 되고 이를 이겨내고자 하는 괴로운 행위를 표현한다. 미래는 자연의 소중함을 깨닫게 되는 의미를 전달하고 자연의 아름다운 바람소리가 인간을 감싸는 행위를 통해 평온하고, 인간의 후회하는 마음을 표현하게 된다. 이야기의 흐름은 바이올린 선율에 의해 표현되며 전달된다.

영상과 소리를 미디어적인 요소로 접목시키기 위해 Max/MSP를 이용한다. 작품의 선율을 이끌어 가는 바이올린의 주법을 통한 영상의 프로세싱은 analyzer~오브젝트를 통해 실시간으로 처리하게 된다. Max/MSP는 Cycling'74가 개발한 응용프로그램(application)이며,

analyzer~는 실시간 음색 분석이 가능한 오브젝트(object)이다. 분석된 데이터를 이용하여 영상처리를 하는데 Jitter를 사용한다. Jitter 역시 Cycling'74에서 개발 되었으며 Max/MSP와 연동하여 사용이 가능하다. 이 두 응용프로그램은 다양한 영상과 사운드 처리를 실시간으로 가능하게 해준다.

영상은 미리 만들어 놓은 테이프 음악(tape music)과 함께 바이올린의 음색이 제어하게 된다. 또한 영상의 효과를 극대화시키기 위하여 단순한 스크린이 아닌 샤막(sha)을 사용한다. 샤막은 연극에서 쓰이는 막의 종류이며 일반 스크린과는 다른 망사 소재로 되어있다. 영상의 상이 맺히기도 하지만 투과하는 성질을 가지고 있어 입체효과를 나타낼 수 있다.

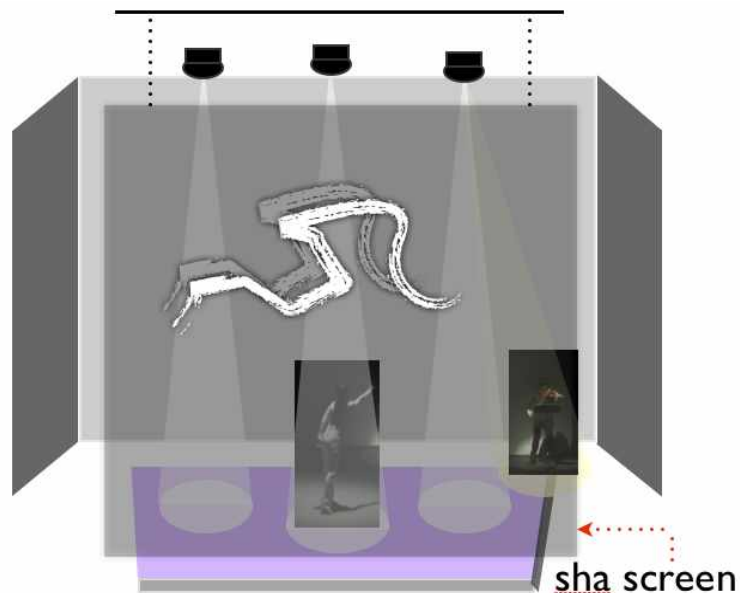
손전등은 희망의 빛으로 특수 주법을 사용하지 않았을 때에는 평범한 빛의 영상을 그리게 되지만, 특수 주법을 사용 하였을 때에는 실시간 음색 분석을 통해 음색의 특징을 영상과 조합하여 별이 빛나는 느낌을 표현한다.

샤막 안의 무용수는 마치 자신이 만들어 놓은 세계에 갇힌 것처럼 스크린에 비춰지게 된다. 하나의 모습이 아닌 이기심으로 물들여진, 이중성의 모습을 보여주게 되며, 밝음과 어둠 속에서의 행위를 반복하게 된다. 또한 테이프 음악의 음량값을 추출해 음악과 영상의 상호작용(interaction)을 표현하였다.

2. 작품 구성

1) 무대 구성

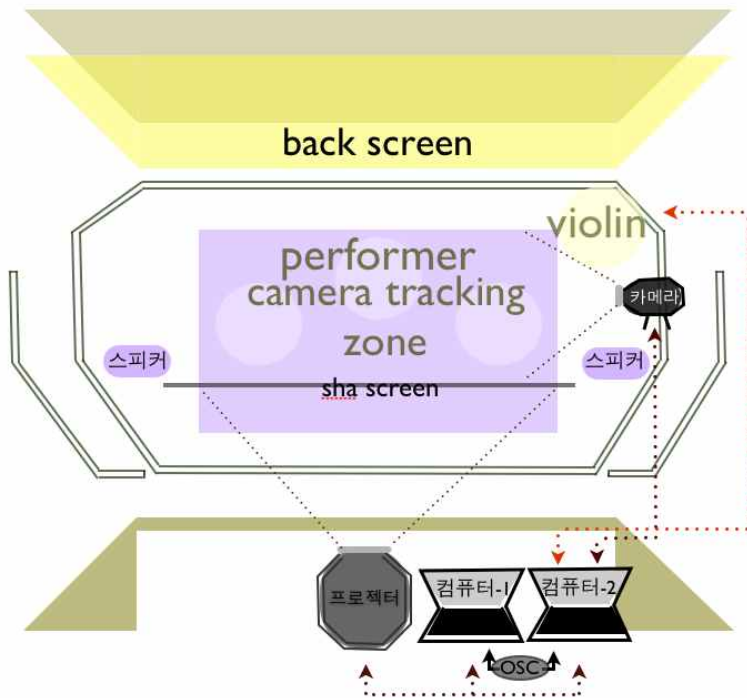
무대 구성에서 가장 중요한 것은 샷막과 프로젝터의 위치 그리고 조명의 쓰임이다. 백스크린(back screen)과 샷막의 사이에 조명의 조도(照度)에 의해 샷막에 영사되는 영상이 달라지기 때문이다. 백스크린과 샷막의 사이가 좁고 조명을 그 사이에 비춰주면 샷막에 영사되는 영상은 또렷하지 못하고 상이 잘 맺히지 못한다. 또한 샷막에 영사될 영상이 잘 보이도록 조명의 조도를 낮춘다면 카메라가 무용수 트래킹에 문제가 발생하기 때문에 위치 조절이 중요하였다. 따라서 가능한 한 샷막과 백스크린의 사이를 넓히고, 조명을 적절히 조절하였다. [그림-2]는 무대의 정면도이다.



[그림-2] 무대 정면도

샤막에 영사되는 영상은 투과되어 백스크린에도 영사되어 하나의 영상이 아닌 입체 영상으로 보여 진다. [그림-3]은 무대 구성(top view)이다. 샤막에 비춰지는 영상과 백스크린에 영사되는 영상을 동일하게 하기 위하여 프로젝터를 무대 정면의 콘솔에 위치시켰다. 프로젝터가 정면이 아닌 위쪽이나 아래쪽에 위치한다면, 샤막과 백스크린의 영상이 각각 다른 위치에 영사되기 때문이다.

카메라의 트래킹은 무용수만을 촬영하기 위해 측면에 위치시켰으며, 바이올린의 위치는 스피커의 피드백을 방지하기 위하여 거리를 두어 뒤쪽에 배치하였다.



[그림-3] 무대 구성(top view)

2) 음악 구성

작품 <Planetarium>은 **A-B-C-A'**의 구성으로 이루어진다.

[표-1] 음악의 구성

| 구성 | | 작품 시간 | 작품 내용 | 음악의 내용 | 바이올린 주법 사용 |
|--------|----------------------|------------------|--------------------------|--|---------------|
| 과 거 | section A | 00:00~ 02:34 | 자연의 아름다움 애절함 희망 | · 바이올린의 G현을 통한 굵고 풍부한 멜로디 · 바람 소리 | sul ponti. |
| 현 재 | section B | 02:35~ 04:05 | 인간의 이기심 공포 | · 바이올린의 강한 멜로디 · 타악기 | — |
| | section C | 04:06~ 05:~50 | 자연을 지키려는 몸부림 | · 바이올린의 빠른 템포와 모든 음역 대를 이용한 화려 한 멜로디 · 타악기 | gliss. |
| 미 래 | section A' | 05:51~ 07:12 | 자연의 소중함을 깨달음 | · 바이올린의 G현의 굵고 풍부한 멜로디 · 바람 소리를 | — |

[표-1]은 음악의 구성이다. section **A**에 나오는 멜로디는 바이올린의 가장 굵은 현인 G현으로 자연의 웅대함과, 애절함을 연주하게 된다. **A**의 멜로디는 [악보-1]에서 볼 수 있다.

[악보-1] section A의 주제선율

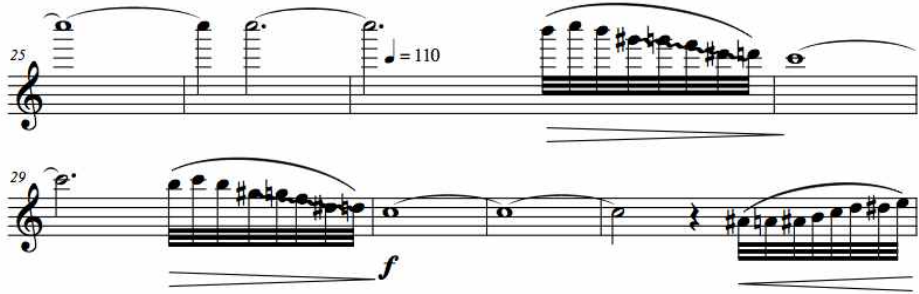
section A에서는 현대 음악에서 많이 쓰이는 sul ponticello(sul ponti., 슌 폰티첼로)주법을 이용하였으며, 이 주법의 음색은 실시간으로 분석되어 그 데이터는 영상이 프로세싱 되는데 사용된다.

B, C의 경우 작품의 구성에서 ‘현재’라는 부분으로 묶이게 된다. 현재는 인간의 현재 행동과 앞으로 해야 하는 행동, 두 가지의 의미를 가지게 되며, 인간의 이기심을 통한 공포를 전달한다.

[악보-2] section B의 주제선율

section B에서는 정적이 흐르면서도, 강한 타악기 소리를 넣어 만든 테이프 음악과 함께 바이올린 선율이 조화를 이룬다. [악보-2]와 같이 B의 주제선율을 스타카토를 이용하여 강하면서도 날카로운 느낌을 전

달하기 위해 작곡하였다.



[악보-3] section C의 선율

section C는 [악보-3]과 같이 빠른 템포와 바이올린의 모든 음역대를 사용하였으며, 테이프 음악에 비트를 넣어 긴장감 더욱 고조시켰다.

섹션별로 템포와 분위기는 확연하게 차이가 난다. A는 조용하고 무거우며 G현의 특징을 잘 살려냈고, B, C는 짧은 음표들과 높은 음역대 그리고 빠른 템포를 이용하여 곡을 구성하였다. A는 A의 주제 선율을 다시 이용하였으며, 바람소리를 더욱 극대화 하여 조용하고, 고요함을 느끼게 하며, 자연의 소중함을 느끼게 되는 부분을 전달한다.

테이프 음악에는 Spectrasonic에서 개발한 Omnisphere, Stylus RMX 등 VSTi¹⁰⁾가 주로 사용되었다. 자연의 소리를 전달하기 위하여 바람소리를 사용하였으며, 본연의 바람소리 보다는 전자음향이 가미된 바람소리 등 변화된 소리를 사용하였다. C는 긴장감을 주기 위해 다른 종류의 타악기 소리로 각각 다른 리듬을 사용하였다.

10) Virtual Studio Technology Instrument의 줄임말로써 ‘가상악기’라고도 불리는 소프트웨어 악기이다.

3) 작품 구성

[표-2] 작품의 구성

| 구성 | section A | section B | section C | section A' |
|-----------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | 과거 | 현재 | | 미래 |
| 시간 | 00:00~ 02:34 | 02:35~ 04:05 | 04:06~ 05:50 | 05:51~ 07:12 |
| 작품 내용 | 자연의 아름다움 애절함, 희망 | 인간의 이기심 공포 | 자연을 지키려는 몸부림 | 자연의 소중함을 깨달음 |
| 사운드 | · 바이올린의 주선율 · 바람 소리 | · 바이올린 의 주선율 · 타악기 | · 바이올린의 주선율 · 타악기 | · 바이올린의 주선율 · 바람소리 |
| 영상 효과 | · 손전등을 이용한 영상 · 별이 반짝 이는 영상 | 무용수 트래킹을 이용한 영상 | 음량값을 이용한 영상 | — |
| 적용 기술 | 카메라 | LED빛 트래킹 | 무용수 트래킹 | — |
| | 바이올린 | 음색 분석을 통한 영상 제어 | — | 음색 분석을 통한 영상 제어 |
| 무용수 동선 | 샤막 안 | 샤막 안 | 샤막 밖 | 샤막 안 |

작품의 구성은 [표-2]와 같이 4개의 요소로 나뉘며 섹션별로 의미를 가진다. A는 바이올린의 선율과, 무용수의 손전등에 의해 음악과 영상이 조화를 이룬다. 자연의 웅대함과 애절함을 두 개의 빛을 통해 보여 주며, sul ponti.주법에 의해 손전등으로 잠깐 별이 반짝이는 부분을 통

해 희망을 전달하고자 하였다. B와 C는 현재로 구성된다. B는 인간 내면의 이기심으로 인해 자연이 황폐해지고, 그로 인해 겪게되는 피해로 인한 공포심을 표현한다. 샤막 안에서 어두움과 밝음을 오가며, 인간의 모습을 표현한다. C에서는 무용수가 샤막 밖으로 나와 자연을 지키기 위하여 자신의 이기심과 싸우는 모습을 표현하며, 이때 비춰지는 둥근 모양의 영상은 마치 행성과 같은 모습을 보여준다. 샤막과 백스크린에 비춰지는 행성은 입체영상으로 보여진다. A'에서 무용수는 다시 샤막 안에서 표현한다. 길 모양의 조명을 사용하여 다시 과거로 돌아가는 의미를 적용하였으며, 자연의 소중함을 깨닫게 되고, 들려오는 바람소리가 차갑지만 편안함을 느끼게 되는 것을 표현한다.

Ⅲ. 작품에 사용된 기술적 연구

1. 바이올린 음색 분석

1) 주법에 의한 음색 분석

바이올린의 주법은 17세기의 이탈리아 바이올리니스트 <니콜로 파가니니> (Nicolo Paganini, 1782~1840)¹¹⁾의 신기에 이르는 음악성으로 새로운 음악적 요구에 맞는 연주 기법을 개발하기 위해 새로운 운궁법(運弓法)¹²⁾, 새로운 음역, 새로운 음향개념 방법을 탐구하도록 자극 시켰던 현대 작곡가들의 표현 의지로 많은 발전이 있었다.¹³⁾ 이러한 작곡가들의 노력으로 바이올린의 음색은 더욱더 복잡하고 다양해졌다.

바이올린은 활을 켜는 위치, 활을 누르는 세기, 운지법 등 각 현의 주법에 따라 수십 가지의 음색을 낼 수 있다. 바이올린의 활사용에 있어서 가장 기본이 되는 것은 보잉(bowing)이다. 보잉에는 내림 활(down-bow), 올림 활(up-bow)이 있는데, 이는 기본적인 활 쓰임에서도 빠르기나 썸여림으로 연주하는데 있어서 영향을 주는 요소이다. 바이올린의 주법에는 활의 의한 tremolo(트레몰로), 지판에 가깝게 연주하여 소리를 내는 sul tasto(술 타스토), bridge(브릿지)¹⁴⁾ 위나 그 근처에서 활을 그음으로 소리를 내는 sul ponti., 활모가 아닌 나무부분으로 연주하여 소리를 내는 col legno tratto(콜레노 트라또), col legno

11) 이탈리아 출신의 바이올린 연주가, 작곡가.

12) 활을 쓰는 방법

13) 백병동, 강석희 공역(A.Casella, V.Mortari 공저), 「현대 관현악 기법」(수문당, 1998), 145쪽.

14) 현악기 향관 위에 고정되어 현을 적당한 높이로 유지하게 하고, 그 진동을 표판에 전하게 하는 것, 즉 바이올린의 줄을 거는 부분.

battuto(플레뇨 바뚜또), 현을 뜯어 연주하는 pizzicato(pizz., 피치카토), snap pizzicato(snap pizz., 스냅피치카토), 왼손을 사용하는 left-hand pizzicato(왼손 피치카토), 한 손가락을 지판 한쪽에서 다른 한쪽으로 미끄러뜨려 연주하는 glissando(gliss., 글리산도), 약음기를 이용한 con sordino(콘 소르디노), 현의 여러 지점에 가볍게 손을 대어 얻어지는 natural harmonics(자연적 하모닉스), artificial harmonics(인위적 하모닉스) 등이 있다. 가장 큰 음색의 특징 중의 하나는 활과 현이 마찰하는 소리이다. 본 연구에서는 현대 음악에서 많이 사용되고 있는 sul ponti.주법, con sordino주법, pizz.와 snap pizz.주법, natural harmonics 주법, gliss.주법으로 연주한 바이올린 음색을 FFT(Fast Fourier Transform)¹⁵⁾를 통하여 분석하고 배음의 구조를 비교해 본다.

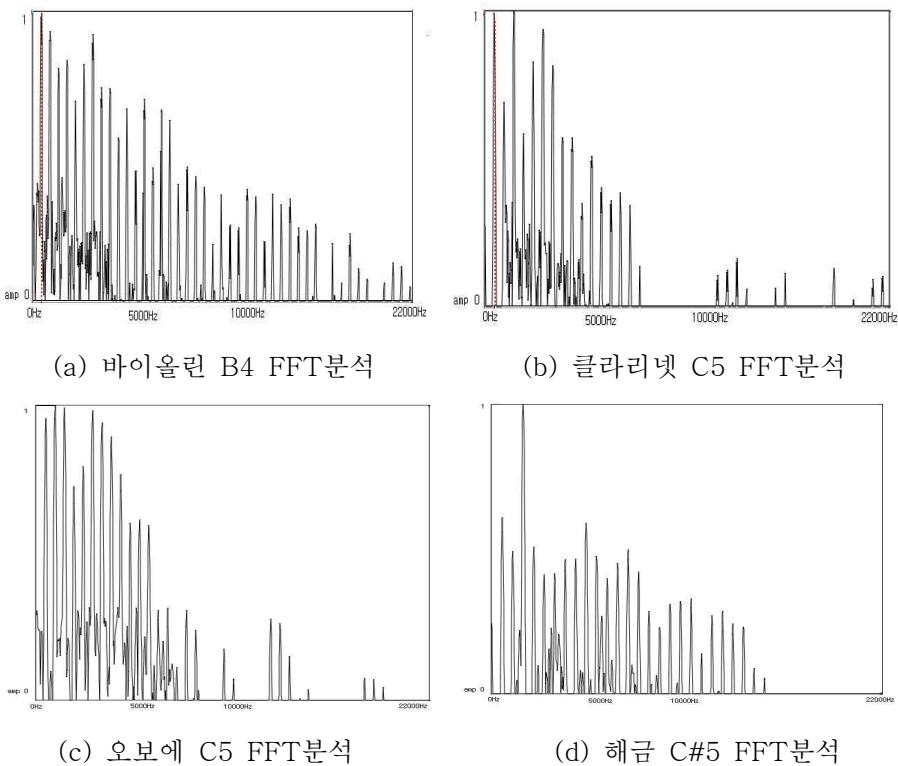
[표-3] 분석에 사용된 음의 종류

| 주법 (technics) | 악상 (articulation) | 음고 (pitch) |
|--|----------------------|---|
| normal sound | <i>f</i> (forte) | G현:a,c,e,g D현:g,e,d,b A현:b,d,f#,a E현:a,c#,f#,e |
| natural harmonics/ harmonics gliss. | | 각 현에서의 2배음~5배음 |
| artificial harmonics | | A, D, E |
| sul ponti. sul tasto con sordino | | G현:a ,c, e, g D현:g, e, d, b A현:b, d, f#, a E현:a, c#, f#, e |
| pizz. | | |
| snap pizz. | | |

[표-3]은 분석에 사용된 음의 종류이다. sul ponti.주법의 경우 브리지에 아주 가까운 위치에서 녹음을 하였고, con sordino주법은 고무재질

15) 시간과 주파수의 도메인을 서로간의 도메인으로 변화하는 것을 가능하도록 해주는 푸리에 변환에서 필요한 신호만을 골라 계산시간을 줄인 변환법이다.

과 최재질 두 가지를 사용하여 녹음 하였다. 녹음을 위해 사용된 DAW¹⁶⁾는 Protools 8이고, 마이크의 종류는 DPA4006과 schops를 사용하였다. 음원의 샘플링 레이트(sampling rate)는 44100Hz이며 해상도(resolution)는 16bit로 하였다. 분석에 쓰인 윈도우 타입(window type)은 해닝(hanning)이고 윈도우 사이즈(window size)는 512~22.050으로 다양하게 적용하였다.



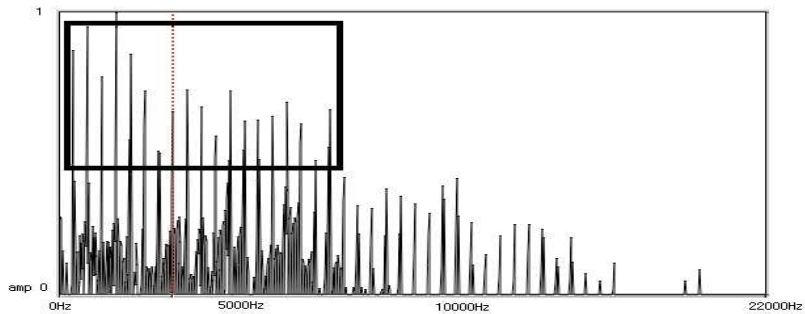
[그림-4] 바이올린, 클라리넷, 오보에, 해금 음색 비교

[그림-4]는 바이올린의 B4음(a), 클라리넷의 C5음(b), 오보에의 C5음(c), 해금의 C#5음(d)를 각각 스펙트럼 분석한 것으로 가로축은 주파수

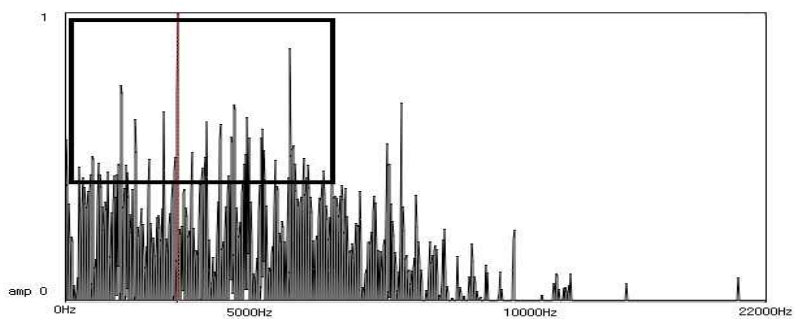
16) Digital Audio workstation : Cubase, nuendo와 같은 음악 소프트웨어 프로그램

(frequency)¹⁷⁾, 세로축은 음량을 나타낸다. 주파수는 0~22000Hz, 음량은 0~1이다. 바이올린의 음색은 다른 악기에 비하여 배음의 개수가 많은 것을 알 수 있다. 배음의 개수가 많다는 것은 곧 우리에게 들리는 기음의 주파수 외에도 울리는 숨겨진 주파수도 많다는 것인데, 이러한 특징은 바이올린의 강렬하고 풍부한 울림의 바탕이 된다.

① sul ponticello



(a) 일반 음색 FFT 분석



(b) sul ponticello FFT 분석

[그림-5] G현 A3 음색 비교

17) 주파수(frequency) 주기적인 현상이 단위시간 동안 몇 번 일어났는지를 뜻함.

sul ponti.는 브리지 가까이 활을 사용하여 연주하는 주범으로 아주 높은 고음역의 한정된 음만을 내기 때문에 금속성의 유리질 같은 섬뜩한 음색을 가진다. [그림-5]의 (a)는 일반 음색의 A3음을 스펙트럼 분석한 것이며, (b)는 sul ponti.를 스펙트럼 분석한 것이다. 그림에서 사각형으로 표시된 부분을 보면 일반 음색의 경우 배음의 구조가 뚜렷하지만 sul ponti.의 경우 배음에 노이즈가 많고, 저주파수 대역의 음량값이 줄어든 것을 볼 수가 있다.

[표-4]는 A3의 자연 배음열을 기준으로 일반 음색과 sul ponti.의 경우를 비교 분석한 것이다. 일반 음색의 경우 모든 배음이 전체적으로 큰 음량을 가지고 있는 반면 sul ponti.의 경우 배음의 음량이 고르지 못하고 전체적으로 작아진 것을 볼 수 있다.

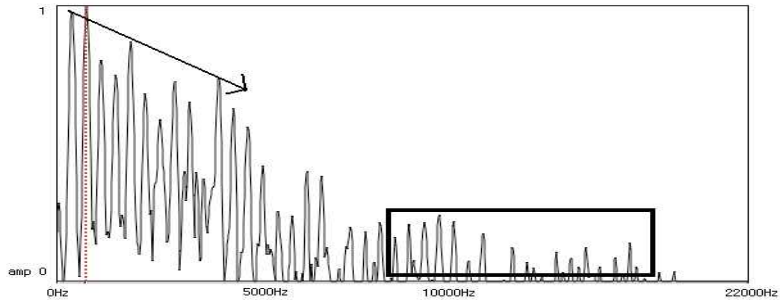
[표-4] 일반 음색과 sul ponti.의 배음 구조 비교 분석

| 평균율 | 일반 음색 | | sul ponti. | |
|--------|---------------|-------|---------------|-------|
| | frequency(Hz) | amp | frequency(Hz) | amp |
| A3(Hz) | | | | |
| 220 | 220.87 | 0.413 | 215.17 | 0.158 |
| 440 | 440.57 | 0.699 | 432.32 | 0.284 |
| 659.3 | 660.27 | 0.379 | 650.83 | 0.162 |
| 880 | 888.91 | 0.968 | 869.26 | 0.313 |
| 1318.5 | 1328.31 | 0.371 | 1311 | 0.182 |

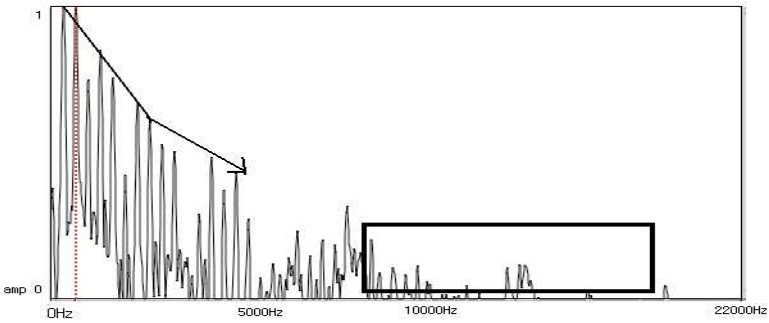
② con sordino

con sordino는 약음기를 이용한 주법으로 모든 현악기에는 약음기를 사용할 수 있다. 약음기는 브릿지에 장착하여 약간의 현의 울림을 흡수하도록 하여, 매우 부드럽고 유연한 소리를 만들어내는데, 연습용으로 사용하는 고무재질의 약음기와 공연용으로 사용하는 약음기, 두 가지 종류가 있다. 약음기는 부분적으로 공명체의 진동을 억제함으로써 그 결과 음색이 변하고 악기의 음량을 감소시킨다. 이것은 음색에 확연한 변화를 주게 되며, 약음기를 사용하여 크게 연주할 경우, 압축되고 긴장된 소리와 절제된 소리를 갖는다.¹⁸⁾ 고무재질의 약음기를 사용하였을 때 쇠재질의 약음기를 사용하였을 때보다 음색의 변화가 크기 때문이 이를 분석하였다. [그림-6]은 G4의 일반 음색과 약음기를 사용하였을 경우의 스펙트럼의 변화를 분석한 것이다. (a)의 일반음색의 경우 배음이 뚜렷하게 나타나는 것에 비하여 (b)와 같이 고무재질의 약음기를 사용하였을 경우에는 배음이 뚜렷하지만 전체적으로 음량이 낮아지고, 6~12번째 배음의 음량이 현저히 줄어든 것을 볼 수 있다. (c)와 같이 쇠재질의 약음기를 사용하였을 경우에는 배음의 구조와 음량 값의 변화는 일반음색에 비해 달라진 점은 거의 없지만 노이즈의 양이 많아진 것을 볼 수 있다. 배음의 개수는 소리의 풍부함을 나타내는 것이므로 고무재질의 약음기를 사용하면 일반음색과는 다른 건조한 음색을 가지며, 쇠재질의 약음기를 사용했을 경우 일반음색과는 거의 비슷하나 노이즈의 증가로 인해 탁한 음색을 들을 수가 있다.

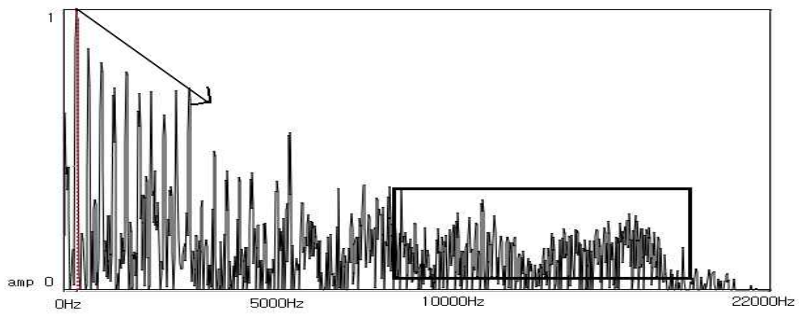
18) 윤성현 역(Samuel Adler 저), 「관현악기법 연구」(수문당, 2003), 43쪽.



(a) 일반 음색 FFT 분석



(b) 고무재질 약음기 FFT 분석

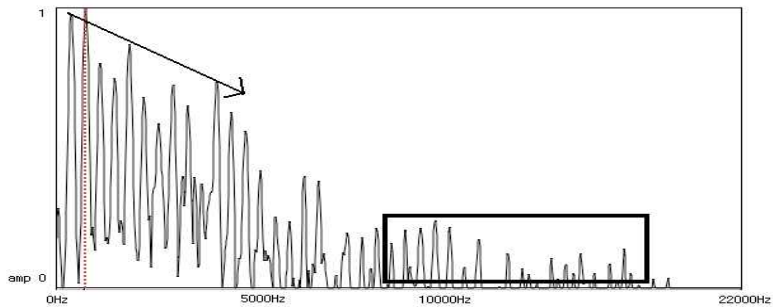


(c) 쇠재질 약음기 FFT 분석

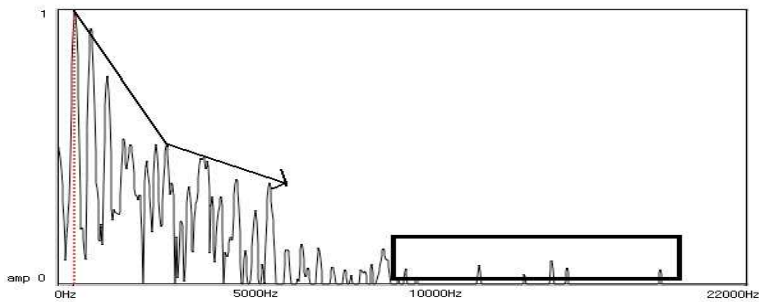
[그림-6] G현 G4 음색 비교

③ natural harmonics

자연적 하모닉스는 노드(node)라고 불리는 현의 여러 지점에 가볍게 손을 댄으로써 얻어지는 개방현의 자연 배음들이다.



(a) 일반 음색 FFT 분석



(b) natural harmonis FFT 분석

[그림-7] G현 G4 음색 비교

소리에 특징적인 음색, 또는 음향을 부여하는 배음들은 현악기의 현 위에서 각기 다른 노드를 살짝 눌러줌으로써 기본음으로부터 분리된 소리가 날 수 있다. 바이올린의 너트(nut)¹⁹⁾와 브릿지 사이의 1/2지점

19) 바이올린의 줄 받침

을 살짝 누르면 현이 전체의 길이로 진동하는 것을 막을 수 있다. 진동하는 현의 길이가 줄고, 그 소리는 원래의 음고 보다 한 옥타브 위의 음고를 가지는 것이다.²⁰⁾

[그림-7]은 G4의 일반 음색과 하모닉스 주법을 이용한 음색의 스펙트럼을 분석한 것이다. 일반음색(a)의 경우 배음이 뚜렷하고 많이 나타나는 것에 비하여 하모닉스 주법을 이용한 음색(b)는 화살표로 표시된 부분에서 알 수 있듯이 배음의 음량이 현저하게 떨어지고 저주파수 대역의 배음의 양이 줄어든 것을 볼 수 있다. 그 결과 하모닉스 주법으로 연주 했을 경우 일반 음색보다 음량이 작고 풍부하지 않는 음색을 가지고 있는 것을 볼 수 있다.

④ pizzicato, snap pizzicato

pizz.주법은 바이올린 연주에서 자주 사용되는 주법으로 현을 뜯어서 소리 내는 주법이다. snap pizz.는 20세기에 생긴 새로운 기법으로 벨라 바르토크(Bella Bartok, 1881~1945)²¹⁾의 작품들에 자주 쓰여 졌으며 일명 Bartok pizzicato(bartok pizz., 바르토크 피치카토)라고도 한다. snap pizz.는 현을 강하게 튕겨서 지판에 부딪히게 하여 얻어지는 주법으로 그 음색은 소리의 울림, 음량 크기에 있어서 피치카토와 차이가 있다. [그림-8]은 pizz.와 snap pizz.를 분석한 스펙트럼이다. (a)과 (b)는 사운드의 어택(attack)²²⁾ 부분을 스펙트럼으로 분석한 것이고, (c)와 (d)는 사운드의 서스테인(sustain)²³⁾ 부분을 분석한 것이다. 배음의 구조를 살펴보면 노이즈가 많은 것을 볼 수 있다. 일반 음색에 비해 배음

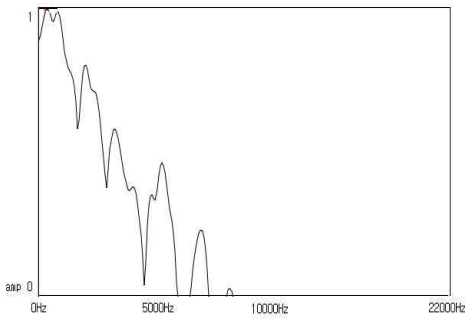
20) 윤성현 역, 「관현악기법 연구」 46쪽.

21) 헝가리 출신의 작곡가, 피아니스트, 음악학자.

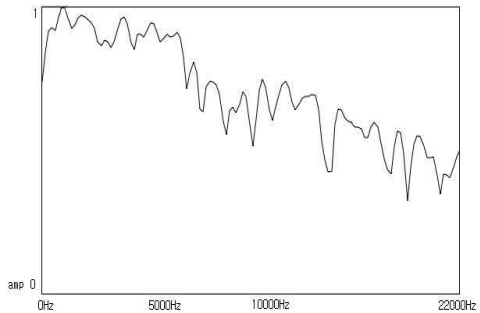
22) 음악에서 음의발생, 지속, 소멸의 세단계로 나눌 때의 발생 부분이다.

23) 음악에서 음의발생, 지속, 소멸의 세단계로 나눌 때의 지속 부분이다.

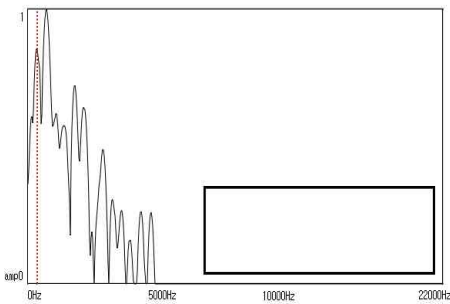
의 개수도 적으며, snap pizz.의 경우 노이즈가 많은 것을 볼 수 있다. (a)과 (b)의 그림에서 배음의 구조가 전혀 나타나지 않고 노이즈 형태만 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 pizz.주법으로 연주했을 때 연주 시작 시에 타악기적인 음색을 나타내는 것이라고 볼 수 있다.



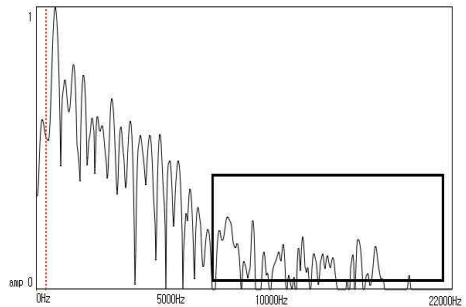
(a) pizz. 어택 FFT 분석



(b) snap pizz. 어택 FFT 분석



(c) pizz. 서스테인 FFT 분석



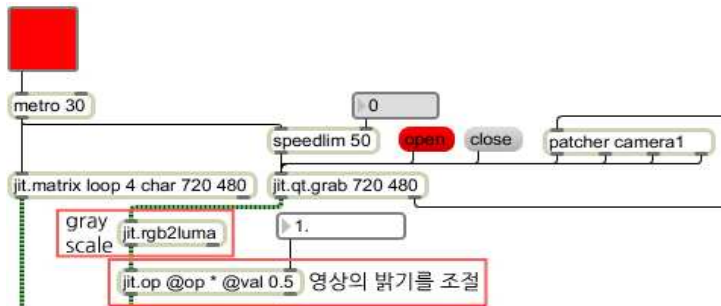
(b) snap pizz. 서스테인 FFT 분석

[그림-8] A형 B4 pizz. 음색 비교

2. 영상 효과 기술

1) LED 손전등을 이용한 흑·백 영상

실시간 분석된 음색을 시각적으로 표현하기 위해 LED 손전등을 이용하였다. LED 손전등을 촬영한 영상은 Jitter를 이용하여 LED빛을 트래킹하였다. [그림-9]는 촬영된 영상을 흑백으로 만들기 위한 패치이다. jit.qt.grab 오브젝트는 카메라로 촬영된 LED 손전등의 영상을 입력받는다. jit.qt.grab을 통해 촬영된 LED손전등의 영상은 jit.rgb2luma 오브젝트를 통해 그레이 스케일(gray scale) 즉, 흑백 영상으로 전환된다.



[그림-9] 흑·백 영상을 위한 패치

Jitter는 4개의 플레인(Plane)²⁴⁾사용하는데 jit.rgb2luma는 각각의 플레인의 데이터를 입력 받아 각 위치의 따라 다르게 나오는 휘도(輝度)²⁵⁾ 값을 적용하여 하나의 플레인으로 출력시켜 그레이 스케일 형태

24) Jitter에서 영상의 색상을 표현하기 위한 디지털 구성, 4개의 플레인은 A(Alpha), R(Red), G(Green), B(Blue)로 되어있다.

25) 일정한 넓이를 가진 광원 또는 빛의 반사체 표면의 밝기를 나타내는 양을 말함.

의 흑백 영상을 만든다. [그림-10]은 (a)의 컬러영상을 (b)의 흑백영상으로 전환시킨 예이다.



(a) 컬러 영상



(b) 흑백 전환 영상

[그림-10] `jit.rgb2luma` 오브젝트를 이용한 영상

[그림-11]은 `jit.qt.grab`로 촬영된 LED 손전등으로 (a)는 `jit.rgb2luma`를 통해 흑백 전환된 영상이며 (b)는 흑백 영상으로 전환된 영상을 `jit.op@val` 오브젝트를 이용하여 영상의 밝기를 조절한 영상이다. 영상의 밝기 조절이 필요한 이유는 LED 빛만을 트래킹 하는 것을 용이하게 하기 위함이다.



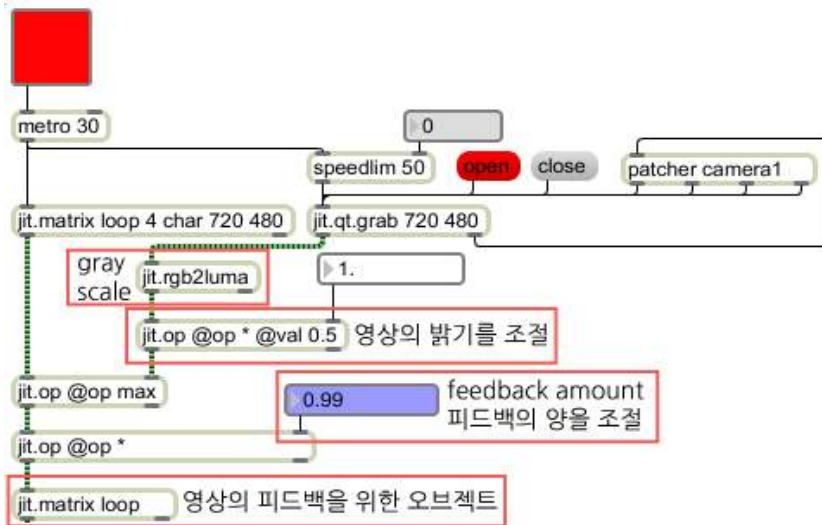
(a) 흑백 영상



(b) `jit.op@val`를 이용한 영상

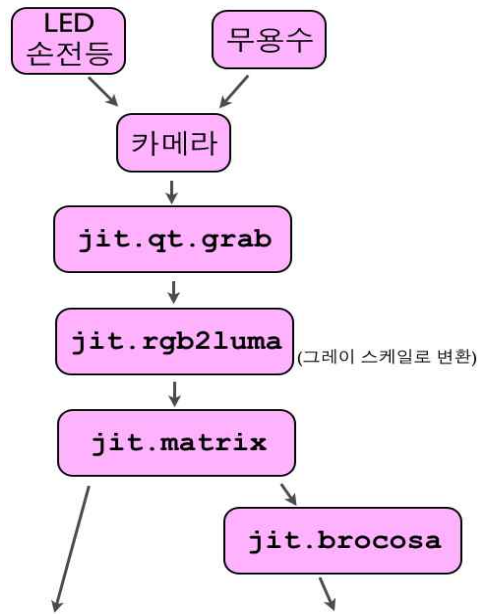
[그림 11] LED 손전등을 이용한 흑백 영상

2) 피드백 영상

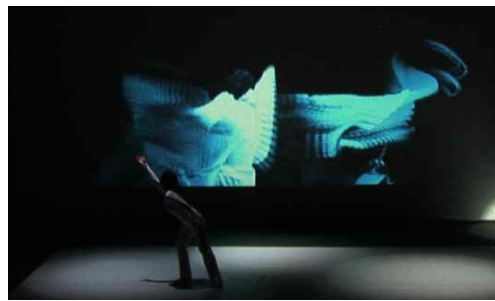


[그림-12] 피드백을 위한 패치

[그림-12]는 피드백 영상을 위한 패치이다. jit.grab로 입력받은 영상은 jit.rgb2luma를 거쳐 그레이 스케일로 변환된다. 그레이 스케일로 변환된 영상은 LED빛만을 트래킹하기 위하여 jit.op@val에서 밝기가 조절된다. 이렇게 처리된 영상은 jit.op@op max오브젝트로 입력되며 동시에 입력되는 jit.maxtrix오브젝트의 영상과 비교하여 데이터의 수치가 큰 값만 출력시킨다. matrix란 데이터 저장 공간을 말한다. 이렇게 처리된 영상은 상단에 위치한 jit.matrix로 다시 피드백된다. 하단의 jit.op오브젝트는 피드백의 양을 조절한다. 피드백의 양은 0~1까지의 값으로 조절되며 영상이 피드백이 되고 난 후 사라지는 시간을 조절한다. 0에 가까워질수록 피드백 된 영상은 점점 빠르게 사라지는 것이다.



(a) LED 손전등을 이용한 영상



(b) 무용수 움직임에 의한 영상

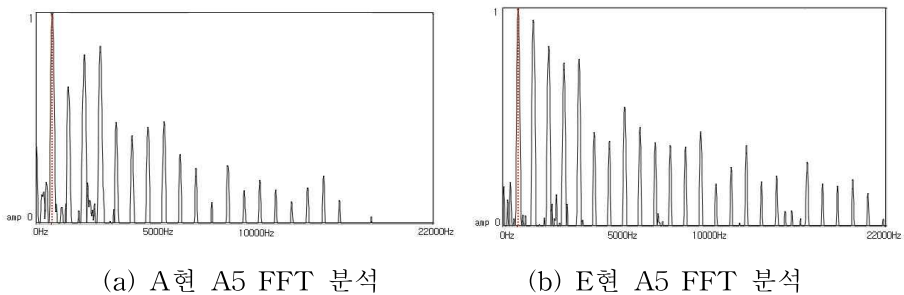
[그림-13] 피드백을 적용한 영상

[그림-13]은 LED손전등과 무용수의 움직임을 카메라로 촬영 후 변화된 영상으로, (a)는 LED 손전등을 이용하여 만든 영상이고, (b)는 무용수에 움직임에 의해 만들어진 영상이다. 진술한 바와 같이 촬영된 두 개의 영상은 jit.matrix를 이용하여 피드백 영상이 출력된다. (b)는 jit.brocosa오브젝트를 이용하여 그레이 스케일로 변화된 어두운

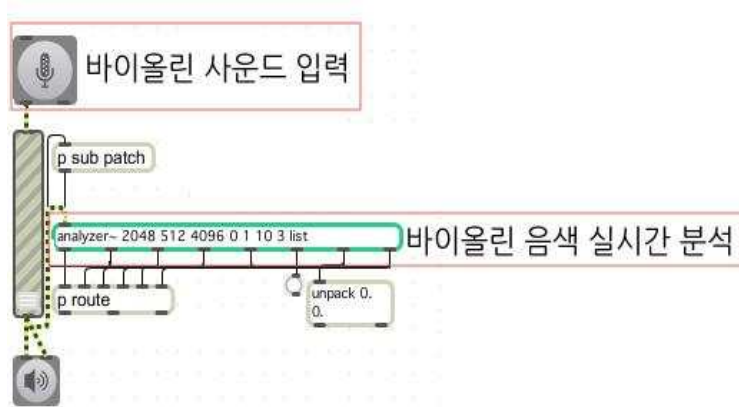
영상의 색상과 대비, 채도를 조절하여 더욱 명확한 영상으로 변환시켰다.

3) 음색 분석 데이터를 이용한 영상 프로세싱

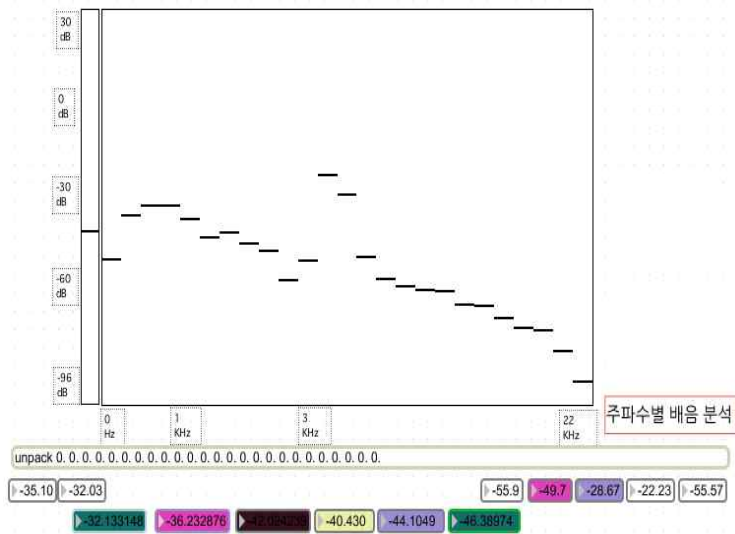
본 작품에서는 바이올린 연주자의 연주가 실시간으로 음색이 분석이 되고 분석된 데이터의 값으로 인해 영상이 변화한다. 바이올린의 음색의 실시간 분석에는 Max/MSP 오브젝트인 analyzer~가 사용되었다. analyzer~는 실시간 배음의 음량값을 통해 음색을 분석하고, 음고를 추출할 수 있다. 바이올린은 다양한 음색을 가지고 있는 것이 장점이나, 이것은 실시간 분석에 있어서는 조금이라도 비슷한 음색이 분석될 경우의 수가 너무 많기 때문에 단점이 되기도 한다. 비슷한 음색이란 [그림-14]와 같이 A현에서 A5음(a)와 E현에서 내는 A5(b)의 음은 음색은 비슷하지만 배음 구조를 보았을 때 미세한 차이가 있는 음색을 말한다. 이런 경우 관객의 입장에서 보았을 때 소리는 변화 없이 연주되고 있는데 영상은 미세하게 변화하는 것을 보게 된다. 관객들은 소리를 듣고 영상을 보는 것이 아니라, 변화하는 영상을 보게 됨으로 소리가 변화함을 듣게 되는 것이다.



[그림-14] A현, E현의 A5 음색 비교



(a) 실시간 음색 분석 패치 1

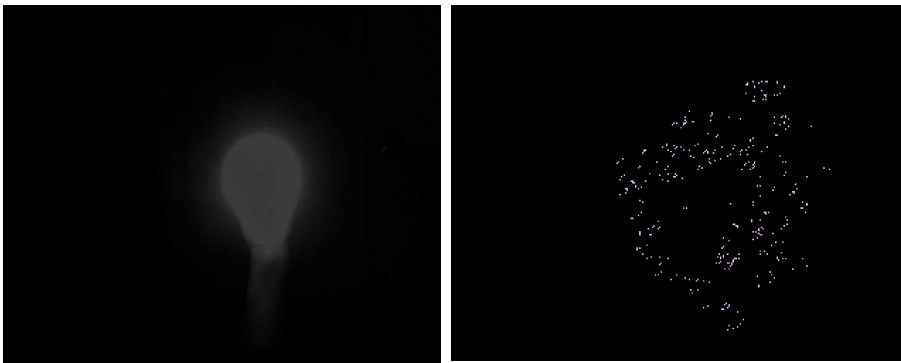


(b) 실시간 음색 분석 패치 2

[그림-15] 실시간 음색 분석을 위한 패치

[그림-15]는 실시간 음색 분석을 위한 패치이다. 마이크로 입력된 바이올린의 소리는 (a)와 같이 Max/MSP의 analyzer~로 실시간 분석되어 (b)와 같이 각 배음별 음량값으로 표시된다. 이렇게 분석되어진

데이터는 음악의 시각화를 위해 영상에 적용하게 된다. 음색을 분석을 통한 변화를 표현하게 될 영상으로 LED손전등을 이용하였다. jit.qt.grab으로 입력된 LED빛의 영상은 바이올린 음색에 의하여 다시 한 번 프로세싱 되어 변하게 된다. 일반음색일 경우 LED빛을 그레이 스케일 영상으로 만들었으며, sul ponti.주법은 카메라로 빛을 촬영 한 후 jit.op을 이용하여 별이 빛나는 것 같은 효과가 나는 영상으로 만들었다.



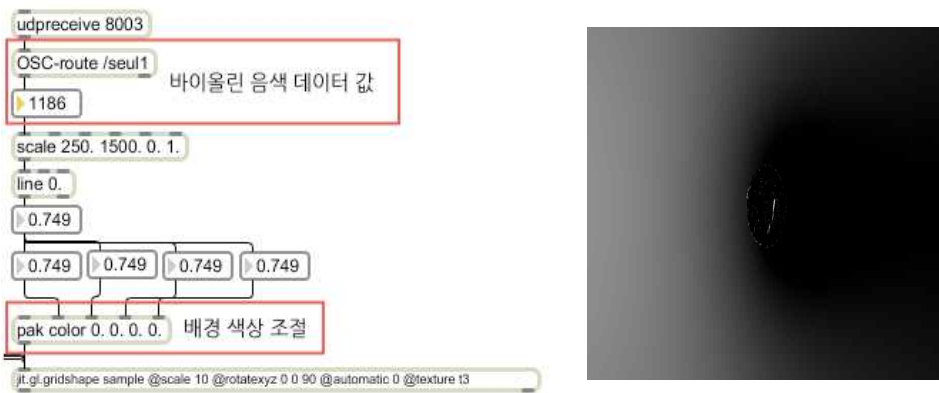
(a) 일반 음색 적용

(b) sul ponti 적용

[그림-16] 음색 분석 데이터 값을 이용한 영상

[그림-16]의 (a)는 바이올린의 일반 음색을 분석한 데이터 값을 이용한 영상이다. jit.qt.grab 입력된 영상을 jit.rgb2luma를 이용하여 jit.op@val로 영상의 밝기를 조절한 후 LED빛을 트래킹 한 것이다. 이 그레이 스케일을 이용한 영상에 LED빛을 촬영 후 프로세싱 된 영상을 출력하고 피드백을 이용하여 마치 그림을 그리는 느낌이 들도록 하였다. (b)의 그림은 jit.matrix오브젝트에서 출력되는 영상을 다시 jit.op을 사용하여 별이 빛나는 것과 같은 영상을 만든 것으로 sul ponti.주법의 음색 데이터를 이용하였다.

[그림-17] (a)는 gliss.주법에 음색 분석 데이터 값을 이용한 영상 패치 이다. 실시간 음색 분석의 데이터 값은 OSC(Open Sound Control)를 통해 전달되며 스케일을 통해 0~1까지의 수치로 변환되어 4개의 플레인에 입력된다. 전술한 바와 같이 4개의 플레인은 각각의 색을 가지고 있으며, 동일한 데이터 값을 줌으로써 (b)와 같이 영상이 검은 색에서 회색으로 변화되도록 만들었다.



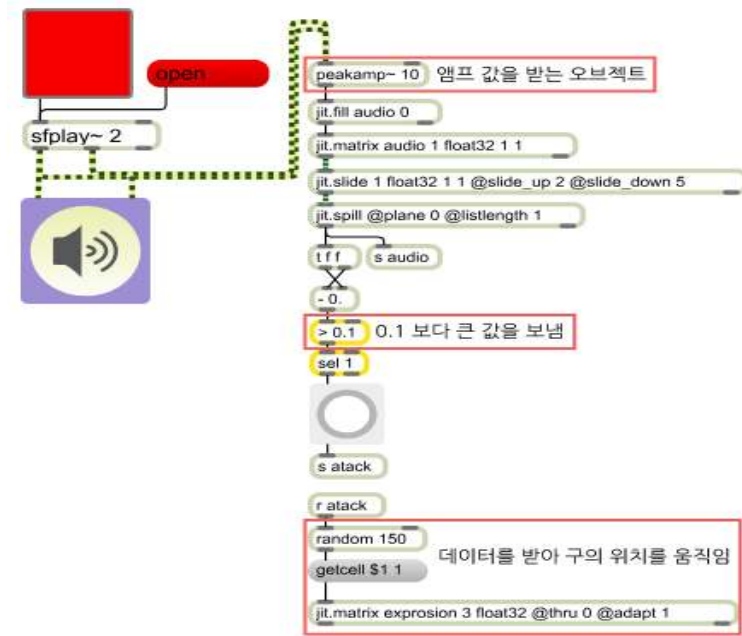
(a) 데이터 값에 의한 색상 조절

(b) 적용 영상

[그림-17] 음색 분석 데이터 값을 이용한 영상

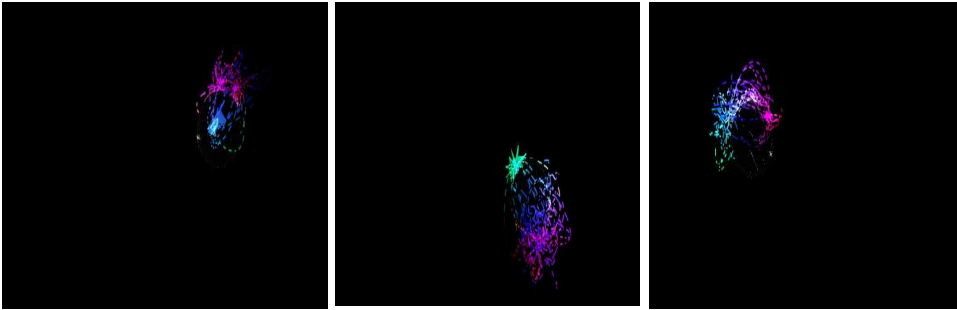
26) 미국 CNMAT에서 개발한 통합 멀티미디어 네트워크 기술

4) 음량값을 이용한 실시간 영상 효과



[그림-18] 음량값을 이용한 영상 패치

[그림-18]은 음량값을 이용한 영상 패치이다. 사용한 영상의 오브젝트는 Adsr에 의해 제작된 실시간 영상제어 라이브러리를 사용하였다. OpenGL을 기반으로 3D를 역학적 시뮬레이션으로 구현하는 jit.matrix expression 오브젝트이다. 테이프 음악에서 나오는 음량의 값을 오브젝트를 통해 데이터 값으로 보낸다. 비트에 맞게 구의 모양을 움직이게 하기 위해 테이프 음악의 사운드를 단독으로 보냈으며, 입력된 신호의 값은 구의 모양을 랜덤으로 움직이게 하였다. [그림-19]는 음량에 의해 제너레이팅된 영상이며, 프로젝터로 출력되는 영상은 사막에 영사되어 [그림-20]과 같이 3D 입체효과로 나타나게 된다.



[그림 19] 음량값에 의한 구의 움직임



[그림-20] 샤막에 영사된 영상

IV. 연구 기술의 작품 적용 및 효과

1. 음색 분석을 통한 공감각 적용

공감각이란 어떤 자극에 의하여 일어나는 감각이 동시에 다른 영역의 감각을 일으키는 일을 말한다. 본 작품은 바이올린의 일반적인 음색과 특수주법으로 연주할 때의 음색의 변화를 공감각 요소 중 색청(color-hearing)²⁷⁾에 대입하여 적용한다. 본 연구에서는 공감각자들이 느끼는 색청을 토대로 음색과 명도(brightness)와의 관계, 음색과 채도(chroma)와의 관계를 연구하고 이를 작품에 적용한다.

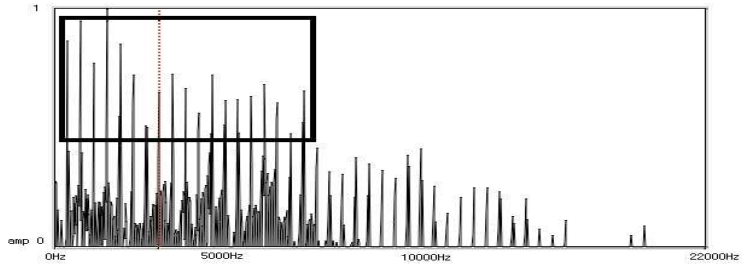
명도란 색채의 밝기 정도를 말한다. 예를 들면 어두운 적색과 밝은 적색을 구별하는 성질을 말한다. 보통 높은 소리는 밝은 색으로, 낮은 소리는 어두운 색으로 느끼게 된다. 이것은 음고에서도 느끼지만 악기의 음색에서도 느낄 수가 있다.

[그림-21] (a)는 A3음으로 220Hz의 주파수를 가지며 저음역에 속한다. 이러한 낮은 소리는 배음과 배음 사이의 간격이 좁아 배음의 수가 많아져 음색이 어두워진다. (b)는 A5음으로 880Hz의 주파수를 가지며 고음역에 속한다. 이러한 높은 소리는 배음과 배음 사이의 간격이 넓어지며 배음의 수가 적어져 밝은 음색을 가지게 된다. 따라서 배음의 개수에 따른 음색의 차이를 명도와 관계에 대입할 수 있다. [표-5]²⁸⁾는 음색과 색의 명도와 관계의 관계를 나타낸 것이다.

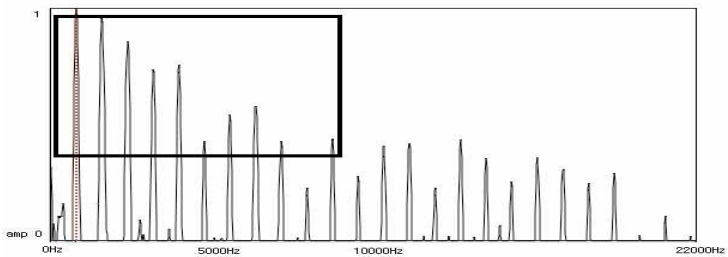
27) 일정한 소리를 들으면 일정한 색채를 느끼게 되는 현상. 색채청각.

음악에서는 높은 소리는 밝은 빛으로, 낮은 소리는 어두운 빛으로 느껴짐.

28) 황지영, “음악의 시각화를 위한 악기음색과 색청의 공감각적 연구” 「한국디지털아트미디어학회 학술대회 논문집」 (한국디지털아트미디어학회, 2003), 14-16쪽



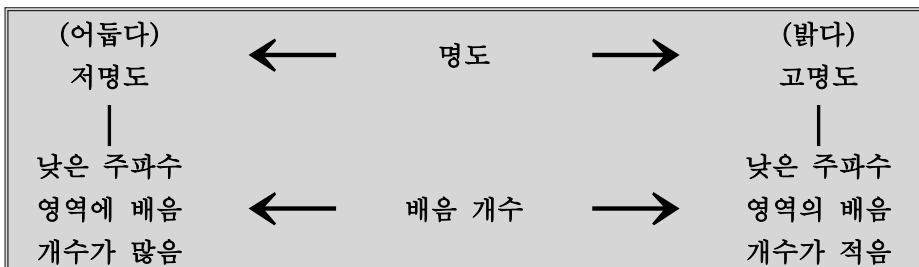
(a) G형 A3 일반음색 FFT 분석



(b) E형 A5 일반 음색 FFT 분석

[그림-21] 주파수의 따른 음색 비교

[표-5] 음색과 색의 명도와의 관계



채도란 색상, 명도와 함께 색의 주요한 속성 중의 하나이다. 채도는 고채도(순수)와 저채도(탁색)로 분류된다. 색이 선명할수록 채도가 높다고 하며, 회색과 같은 무채색에 가까울수록 채도가 낮다고 한다.

명도와 비슷하게 채도의 경우 배음이 뚜렷하고 노이즈가 적을 경우 고 채도로 표현할 수 있으며, 반대의 경우 저채도로 표현 할 수 있다.



(a) 일반 음색 적용

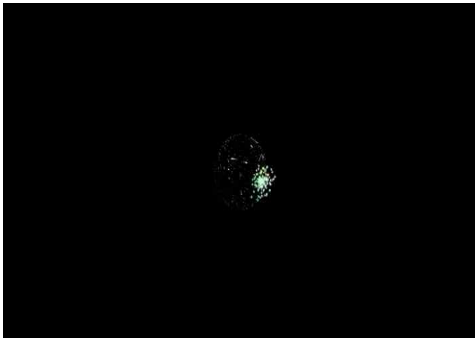
(b) sul ponti. 적용

[그림-22] 주법 적용 영상

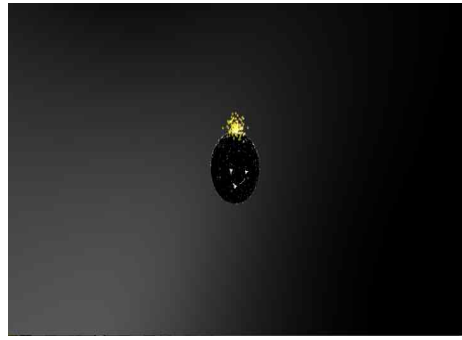
sul ponti.주법의 경우 배음의 수가 적어 밝고 투명한 음색을 지니고 있는 특성을 가져 명도에 이를 적용하였다. 일반적인 방법으로 연주했을 때에 배음의 개수가 많기 때문에 저명도(어두움)이지만 노이즈의 양이 적어 고채도로 색을 선명하게 하였고, sul ponti.주법을 사용했을 경우 배음이 적기 때문에 고명도(밝음)지만 노이즈의 양이 많아 저채도로 색을 탁하게 하여 작품에 적용하였다. [그림-22] (a)는 일반음색일 때 (b)는 sul ponti.주법의 음색일 때의 영상이다.

[그림-23]의 (a)는 일반 음색일 때와 (b)는 gliss.주법으로 연주하였을 때의 영상이다. gliss.주법은 실시간 음색 분석으로 영상의 배경색의 변화를 주었으며, 명도와 채도를 적용하였다. 영상의 배경색은 점점 회색으로 변하는데 이는 음고가 점점 올라가 낮은 주파수 영역의 배음 개수가 점점 줄어들고, 노이즈의 양이 점점 많아지기 때문이다. 이를 영상에 적용하여 배경의 색이 어두움에서 밝음으로 변하는 명도를 적용

하고, 점점 많아지는 노이즈의 양을 진하고 또렷한 색이 아닌 탁색의 회색을 적용하여 채도를 표현하였다.



(a) 주법 미적용

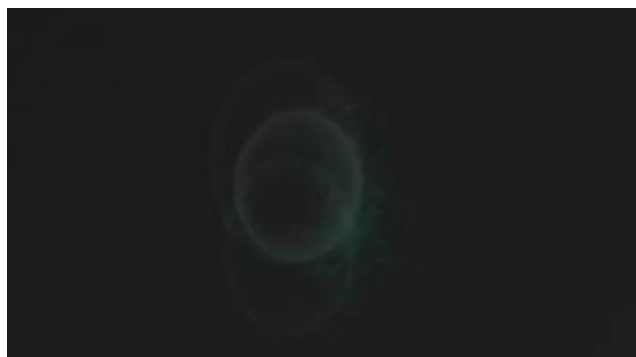


(b) gliss.적용

[그림-23] 주법 적용 영상

2. 샤막을 이용한 영상 3D효과

[그림-24]는 음악의 음량값을 추출한 후 영상에 적용한 것이다. 이 영상을 일반 스크린이 아닌 샤막에 영사하여 입체효과를 나타냈다. 샤막은 일반 스크린과 다르게 망사로 되어있어 영상의 상이 맺힌 후 투과하여 다시 뒤에 스크린에 비춰지게 된다. 본 작품에서는 샤막을 이용하여 영상이 상이 맺힌 후 흰색 백스크린에 검정색 영상을 투영하여 입체효과를 나타냈다. 이러한 입체효과를 표현하기 위해서는 샤막 뒤에 사용하는 스크린의 색도 고려하여야 한다. 만약 샤막 뒤에 검은색 스크린을 사용하게 되면 샤막에 투과한 영상은 백스크린에 상이 맺히지 않게 되어 입체효과를 나타내지 못한다. 또한 프로젝터의 위치에 따라서도 3D의 효과는 달라질 수 있다. 영상을 샤막에 정면으로 영사하면 그 뒤에 투과하는 영상이 [그림-24]와 같이 여러 모양이 겹쳐 보이는 효과를 나타낸다. 하지만 영상을 정면이 아닌 위쪽이나 아래쪽에서 영사한다면 여러 모양이 겹쳐지기 보다는 각각 다른 위치에서 나타나기 때문에 3D영상의 효과가 나타나지 않는다.

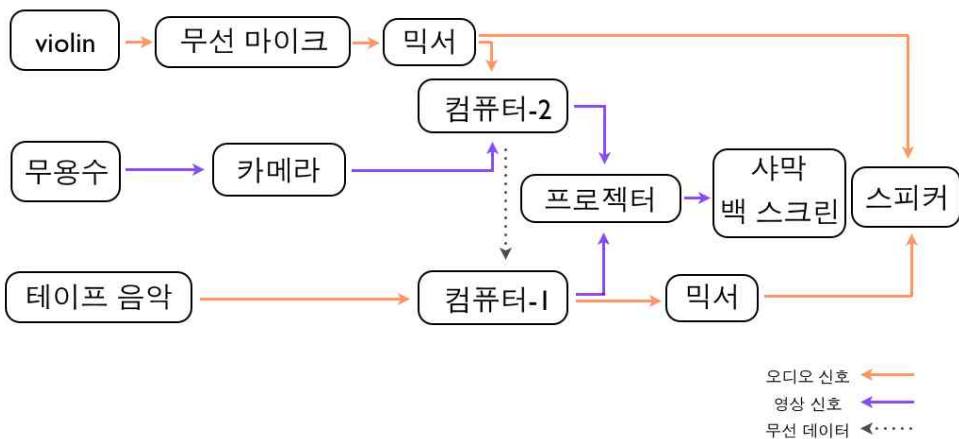


[그림-24] 샤막을 이용한 3D효과

3. 영상과 퍼포먼스의 구성 및 제작

작품의 실연에는 두 대의 컴퓨터, 한 대의 카메라 그리고 바이올린 소리의 입력을 받는 무선 마이크 등 많은 장비들을 동시에 사용하게 되는데 신호체계를 최소한으로 구성하는 것이 가장 좋다.

작품의 시스템 구성은 [그림-25]와 같다. 가장 먼저 바이올린의 사운드를 무선 마이크를 통해 수음하며, 이 데이터는 믹서를 통해 컴퓨터-2로 들어가게 된다. 입력된 사운드는 analyzer~로 실시간 음색분석이 이루어지며, 분석된 데이터 값은 다시 영상을 프로세싱하고 동시에 무용수의 동작은 카메라로 촬영되어 컴퓨터-2로 입력된다. 두 대의 컴퓨터에서 나오는 영상은 프로젝터를 통해紗막과 백스크린으로 비춰진다. 테이프 음악과 음량값에 의해 제너레이팅 되는 영상은 컴퓨터-1에서 출력되며 컴퓨터-2와 OSC로 연결하여 음색의 데이터 값을 무선으로 수신한다.



[그림-25] 시스템 구성도

1) section A에서의 기술 적용

section A는 관측기로 보는 과거를 표현한다. 과거에 아름다웠던 별을 잠시 보여주는 부분은 바이올린 주법에 따른 음색의 변화를 영상에 적용하였다. 작은 손전등에 의해 일반 음색일 때에는 단순한 흰색 선이 그려지게 되지만 sul ponti 주법을 사용한 음색에는 별이 빛나는 듯한 영상이 보여진다.

일반음색의 경우 배음이 뚜렷하고, 음색이 풍부한 반면, sul ponti 주법의 음색의 경우 배음이 뚜렷하지 않고 노이즈가 많다. 이러한 배음의 구조를 Max/MSP의 analyzer~를 이용하여 실시간 분석하여 각각의 배음의 음량값을 통해 데이터를 추출하게 된다. 이렇게 추출한 데이터 값은 Jitter로 입력되어 영상을 프로세싱하게 된다. [그림-26]은 A에 사용된 영상과 퍼포먼스 상황 모습이다. 무용수가 사용하는 손전등은 LED로 제작되었으며, 이 빛은 측면에 설치된 카메라를 통해 트래킹되어 Jitter패치로 입력된다. 빛만 트래킹하기 위해 그레이 스케일을 사용하였다. (a)는 일반 음색에서의 LED빛을 이용하여 무용수의 안무에 의해 그려지는 영상이다. 음색의 변화를 적용한 영상은 공감각자들의 연구를 바탕으로 일반 음색의 경우 음색이 풍성하고 또렷하므로 저명도와 고채도를 적용하여 표현하였으며 (b)의 sul ponti 주법의 음색의 경우 음색이 풍성하지 않고, 높은 음고와 건조한 소리를 갖고, 노이즈가 많기 때문에 고명도와 저채도를 적용하여 표현하였다. (a)의 영상은 또렷하고 밝지만 (b)의 영상은 별의 형상을 잠깐 볼 수 있게 하여 크고 또렷하게 보지 못하는 의미에서 별의 소중함을 전달하고자 하였다.

과거 아름답고 깨끗했던 자연을 생각하며 바이올린의 선율은 웅장하면서 애절한 느낌을 전달한다.



(a) 일반 음색의 적용 영상



(b) sul ponti. 적용 영상

[그림-26] section A의 퍼포먼스와 영상

2) section B에서의 기술 적용

section B는 관측기로 보는 현재를 표현한다. 현재 자연은 인간의 이

기심으로 인해 피해를 입고 있다. 인간의 편리함, 현대사회의 발달로 인해 자연은 파괴되고 본성을 잃어가고 있다. 과거 아름다웠던 자연이 선사해주는 별을 보기 위해서는 인간의 이기심을 버리고 서로 공존하면서 살아야 한다. B에서는 이런 인간의 이기심을 샤막을 통해 보여주며 샤막과 백스크린 사이에서 인간은 자신의 모습을 보게 된다. 조명이 밝은 부분으로 갈수록 인간의 모습은 더욱 선명해지며, 어두운 곳으로 가면 인간의 모습은 희미해진다. 인간은 계속 어두운 곳을 찾아 자신의 모습을 숨기는 퍼포먼스를 한다.

샤막을 통해 인간의 내면을 보여줌으로 표현을 더욱 극대화 시켰다. 일반적으로 사용하는 스크린이 아닌 샤막은 무용수 앞에 위치하여 관객의 입장에서 영상은 입체적인 느낌을 받게 된다. [그림-27]은 B에 사용된 영상과 퍼포먼스 실황 모습이다.

B는 공연할 때 공연장의 조명, 샤막의 위치, 프로젝터의 위치, 트래킹을 위한 카메라의 위치의 영향을 많이 받는다. 공연장의 크기와 조명의 밝기 등이 작품을 시연하고 작업하던 곳과 차이가 있어서 영상이 샤막에 또렷하게 나오지 않는 상황이 발생하였다. 그래서 샤막과 백스크린의 사이를 넓게 하고, 샤막에 위치한 조명은 조금 어둡게 하지만, 카메라 트래킹을 위한 조명은 밝게 하기 위해 원 모양의 조명을 이용하여 어둠과 밝음을 배치하였다. 또한 빛에 비춰지는 흰색을 트래킹하기 위한 카메라는 측면에 위치시켰다. 정면에 샤막이 설치되어있기 때문에 트래킹을 위한 카메라를 측면에 배치하였는데, 이는 백스크린과 바닥에 위치한 댄스플로어의 색이 흰색이기 때문에 이것들은 트래킹하는 것을 피하기 위한 것이다. 또한 jit.op@val를 통해 밝기를 조절하였으며, jit.brocosa를 이용하여 색상의 대비와 채도를 일반적인 비율보다 높게 주어 영상이 정확하게 보일 수 있도록 하였다.



[그림-27] section B의 퍼포먼스와 영상

3) section C에서의 기술 적용

section C에서는 B와 같이 현재를 표현한다. B에서 보여줬던 인간의 내면의 이기심을 포기하기 위해 자신과의 싸움을 한다. 현대사회의 발

달로 편리하게 살아왔던 인간이 모든 것을 포기함이란 쉽지 않다. 하지만 그 편리함으로 인해 자연이 손상되고 본연을 잃어감으로써의 피해는 다시 인간으로 돌아옴을 알기에 자신과의 싸움을 하는 것이다. 강한 바이올린의 선율과, 테이프 음악에 쓰인 타악기의 빠른 비트를 이용하여 극적인 효과를 주었으며 인간의 의지를 보여주게 된다.

[그림-28]의 (a)와 같이 ㉠의 영상은 마치 우주의 행성과 같은 모양을 보여주게 된다. 행성의 영상은 테이프 음악에 사용된 타악기의 빠른 비트의 음량값에 의해 랜덤으로 움직이게 되며, 작품에 새로운 요소로 사용된 샤막을 이용하여 하나의 형상이 아닌 입체의 형상으로 비춰져 3D의 효과를 적용하였다.

강한 바이올린의 선율과 리듬을 통해 무용수는 절도 있는 안무를 보여준다. [그림-28]의 (b)와 같이 ㉠의 마지막 영상은 바이올린의 gliss. 주법의 실시간 음색 분석을 통해 변화된 영상을 보여준다. gliss.주법의 배음 구조는 점점 변화되어 음색이 바뀌게 되는데 공감각자들이 낮은 소리는 어둡고, 높은 소리는 밝은 빛을 통해 표현했던 연구 결과를 토대로 배경에 색에 변화를 주었다. 배경의 색은高明도, 저채도의 회색을 사용하였다. gliss.의 주법은 점점 음이 올라갈수록 적은 배음의 양과, 많은 노이즈가 생성되기 때문에 (b)와 같이 배경의 색이 점점 밝아지도록 적용하였다. 바이올린의 사운드는 컴퓨터-2에서 컴퓨터-1로 OSC를 통해 데이터 값이 실시간 전송된다.

㉠은 ㉡, ㉢와는 다른 빠르고 강한 느낌의 퍼포먼스를 표현하게 된다. 또한 무용수는 샤막 앞에서 공연을 하며, 갇힌 공간에서 나와 더 넓은 곳에서 희망적이고 강한 의지를 표현하게 된다.



(a) 음량값에 의한 영상 적용



(b) gliss.주법 적용 영상
[그림-28] section ㉔의 퍼포먼스와 영상

4) section [A]에서의 기술 적용

section [A]는 관측기로 보는 미래를 뜻한다. 자연의 소중함을 깨닫고 아름다웠던 과거로 다시 돌아가고 싶어 하는 마음을 담고 있다. 괴로웠던 현재는 잊고 애절하게 들려오는 바이올린 선율과 차갑지만 포근하게 몸을 휘감는 바람소리를 느낀다. 현재의 모습을 다시 돌아보고 깨닫는 모습을 표현하며, 무거웠던 마음을 버리고 힘들었던 마음을 자연의 바람소리에 취해 쉬는 모습을 표현한다. 길 모양의 조명을 통해 안무보다는 연기를 통해 의미를 전달하고자 구성 하였다.



[그림-29] section [A]의 퍼포먼스

[그림-25]는 [A]의 퍼포먼스 실황이다. [A]에서의 무용수는 다시 사막 안으로 들어가 퍼포먼스를 하게 된다. 무용수는 길 모양의 조명을 걸으며 다시 과거로 돌아가고 싶어 하는 마음을 표현하였다.

[표-6]은 작품전체에 적용된 영상과 퍼포먼스를 표로 나타낸 것이다. 작품의 내용과 사운드, 영상, 바이올린의 주법 사용, 영상에 적용된 시스템 을 포함하고 있다.

[표-6] 작품 구성과 사용 기술

| 구성 | section A | section B | section C | section A' |
|-----------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | 과거 | 현재 | | 미래 |
| 시간 | 00:00~ 02:34 | 02:35~ 04:05 | 04:06~ 05:50 | 05:51~ 07:12 |
| 작품 내용 | 자연의 아름다움 에 절함, 희망 | 인간의 이기심 공포 | 자연을 지키려는 몸부림 | 자연의 소중함을 깨달음 |
| 사운드 | · 바이올린의 주선율 · 바람 소리 | · 바이올린 의 주선율 · 타악기 | · 바이올린의 주선율 · 타악기 | · 바이올린의 주선율 · 바람소리 |
| 영상 효과 | 그레이 스케일 적용 | 피드백 영상 적용 | 음량값을 적용한 영상 | — |
| 무용수 | 손전등을 이용한 퍼포먼스 | 밝음, 어둠을 통해 인간의 모습을 표현 | 강하고 빠른 퍼포먼스 | 안도 하고 싶은 퍼포먼스 |
| 적용 기술 | 카메라 | LED빛 트래킹 | 무용수 트래킹 | — |
| | 바이 올린 | sul ponti. 주법 적용 | — | giss. 주법 적용 |
| 무용수 동선 | 샤막 안 | 샤막 안 | 샤막 밖 | 샤막 안 |

V. 결론 및 향후 계획

1. 연구의 문제점

본 연구는 바이올린 주법의 음색을 이용하여 음악의 시각화를 공연예술에 접목시키기 위한 것으로, 작품 <Planetarium>을 통해 연구의 결과를 구현하였다. 또한 샷막과 백스크린을 이용하여 입체영상의 효과를 구현하는 새로운 표현방법을 연구하였다. 본 작품은 바이올린과 영상, 그리고 샷막의 기술적인 결합을 통해 관객에게 작품이 가지고 있는 의미를 전달하기 위해 노력하였다. 그러나 작품을 진행하면서 몇 가지의 문제점이 들어났다. 대부분의 기술적 문제점들은 리허설을 통해 해결되었지만 작품을 준비하는 공간과 실연하는 공간의 변화로 인해 발생한 기술적 문제점이 여러 가지 발생하였다.

첫째, 작품을 구성하는 장치의 변화로 인해 발생하는 데이터의 변화이다. 본 공연에서 바이올린의 음색을 실시간으로 분석할 때 무선 마이크를 사용하여 수음하게 되면서, 데이터의 값이 실험할 때와 조금씩 달라지는 문제점이 발생하였다. 바이올린의 음색은 공간에 따라, 연주자의 연주 방법에 따라 약간의 차이가 있다. 음색 분석의 경우 미세한 차이에도 다른 데이터의 값이 나오기 때문에 어려운 점이 있다. 문제점을 해결하기 위해 바이올린 음색의 데이터를 환경에 맞게 조절하였다.

둘째, 샷막의 위치와 조명의 문제점이다. 샷막은 영상이 투과하는 성질이 있고, 색상이 검정색이어서 조명과 가까워지면 막에 비춰지는 영상이 진하게 상이 맺히지 않는다. 또한 샷막의 영상이 잘 보이도록 하기 위해 조명을 조도를 낮춰주게 되면 카메라를 통한 무용수의 트래킹이 어렵게 되는 문제점이 발생한다. 이 문제점을 해결하기 위해 원 모

양의 조명을 통해 밝은 부분과 어두운 부분으로 나누어 밝은 부분은 무용수를 트래킹 하고, 샷막에 가까운 부분은 조명의 조도를 낮추어 상이 잘 맺히도록 하였다. 또한 작품을 연구할 때와 공연장에서의 실연을 할 때 영상의 밝기와 트래킹의 밝기도 달라졌다. 문제의 해결을 위해 환경에 맞춰 색의 대비와 채도의 변화를 주었다.

2. 향후 연구 계획

작품 <Planetarium>은 바이올린 주법의 음색 분석을 통한 음악의 시각화와 샷막을 이용하여 새로운 영상 요소를 접목한 오디오-비주얼 멀티미디어 음악작품이다. 본 연구와 작품의 실연 과정을 거치면서 여러 가지의 성과를 얻게 되었다. 그 성과에 대한 장점과 단점을 발견하였으며, 그에 대한 의문점에 대한 고민을 하게 되었다. 음색을 통한 공감각적 작품들, 음악을 시각화하는 작품들이 작가가 관객에게 의미를 전달함에 있어서 일부 공감각자들이 주장한 단순한 음색의 시각화가 아닌 인간들이 보편적으로 느낄 수 있는 공감각적인 요소에 대한 연구가 심도 있게 이루어진다면 더욱 더 발전되고 다양한 작품이 나올 것이다. 또한 샷막과 같은 새로운 여러 매체들을 작품에 접목하여 새로운 창작에 있어서 작가와 관객의 상호작용을 더욱 극대화 시킬 수 있을 것이다.

본 연구에서는 바이올린 주법의 음색을 분석하여 작품에 적용하여 의미를 악기를 통하여 전달하였다. 바이올린은 현악기 중 가장 많이 사용되었고, 현재도 사용되고 있다. 본 연구에서는 공감각자들의 연구를 토대로 바이올린의 음색을 시각적으로 전달하였지만, 향후 같은 현악기이지만 주법이 전혀 다른 음색을 가지고 있는 해금, 가야금 등과 같은 국악기를 분석하여 작품에 적용할 수 있다면 더욱 발전되고 다양한 작품

이 완성될 것이다.

Keyword (검색어) : 컴퓨터음악(computer music), 바이올린 음색
분석(violin), 트래킹(tracking), Max/MSP/Jitter, sound analysis(소
리분석), 샤막(sha), 입체영상(3D) 오디오-비주얼(audio-visual)

E-mail : jhbbjy@hanmail.net

참고문헌

1. 단행본

- 강석희, 백병동 공역, (Alfredo Casella, Virgilio Mortari 공저)
「현대관현악기법(現代管絃樂技法)」(수문당, 1998)
- 김달성, 박관우 공저 「악기론」(세광음악출판사, 1988)
- 윤성현 역, (Adler Samuel 저) 「관현악기법 연구」
(수문당, 2003)
- 표준 음악사전 (標準 音樂事典) (세광음악출판사, 1987)
- 동국대학교 컴퓨터 음악 연구실 편저, 「멀티미디어 음악을 위한
Jitter」(동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과 컴퓨터음악전공,
2008)
- Adler Samuel 저 「Workbook for the Study of Orchestration」
(WWNorton&Company, 2002)
- Curtis Roads, Curtis "The Computer Music Tutorial"
(The MIT Press, 1996)
- Loy, Gareth "Musimathics" (The MIT Press, 2006)

- Rush, Michael "New Media in Art" (Thames & Hudson, 2005)

2. 참고논문

- 황지영, “음악의 시각화를 위한 악기음색과 색청의 공감각적 연구” 「한국디지털아트미디어학회 학술대회 논문지」, (2003)
- 윤지원, “국악 현악기 소리합성을 위한 해금 음색의 FFT분석 연구” 「동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과」, (2006)
- 고수진, “음과 음정에 따른 색청 연구” 「동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과」, (2004)
- 조희영, 조형재, 김준, “대금 농음에 따른 음색 변화 연구 ” 「동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과」, (2006)
- 김영민, “적외선LED의 트래킹을 이용한 멀티미디어 음악작품 연구” 「동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과」, (2009)
- 김종현, “뇌파와 모션 디텍션을 이용한 멀티미디어 음악제작 연구” 「동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과」, (2010)
- 이동빈, “실시간 동작 추적을 이용한 멀티미디어음악 제작 연구” 「동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과」, (2010)

- 이나래, “바이올린 주법에 따른 음색 스펙트럼 분석 연구” 「이화여자대학교 대학원」, (2006)
- 이주연, “대금과 플룻의 음색 비교 분석” 「이화여자대학교 대학원」, (2001)

3. 인터넷

- Max/MSP, Jitter Forum
<http://www.cycling74.com/forums/index.php>
- wikipedia
<http://en.wikipedia.org/wiki/Violin>
<http://en.wikipedia.org/wiki/Synesthesia>
<http://en.wikipedia.org/wiki/Timbre>
- Adsr
www.Adsr.jp

Abstract

Audio-visual performance <Planetarium> by real-time timbre analysis of violin

Seulah Oh

In the 21st century, art work by multimedia has been appeared a lot. Not just 'listening sound' and 'seeing image' but the media art that is both visible art and auditory art affected has been developing through the years.

<Planetarium> is the piece that visualize music by using mapping violin timbre to colors. I analyzed the timber of sul ponti. and gliss, natural harmonics, pizz. and snap pizz., which are popularly used execution in contemporary music, using the object 'analyzer' of MAX/MSP at real time. Also I made images with the analyzed data using Jitter. Performer used LED light to express the piece more artistically, and it captured processed for effect by analysis violin sound. also I expressed it artistically putting feedback effect on the image, of captured performance. And then applied to the work with maximizing 3D effect by projection onto the sha screen.

<Planetarium> is the interactive multimedia music with analyzing the timber of violin at real time. It maximized the interaction

between composers and players by the new method like feedback effect and sha screen in this piece. Audience becomes to understand the will and emotion of composer easily experiencing synesthesia by sound visualization.

부록-1 (violin score)

A Part

Score

Seul ah Oh

♩ = 70

Violin

5 *f* *p* *f*

9 *f* *p*

13 *f* *mf*

17 *mf* *f*

21 *mf* *mp*

25 *mf* *f* *sul ponti*

29 *mf* *f* *sul ponti*

33 *ff* *f*

37 *f* *sul ponti*

Score

B Part

Violin

The score is written for a violin in G major, 4/4 time. It begins with a tempo marking of quarter note = 80. The piece starts with a *ff* dynamic, then moves to *mf* at measure 5. There are several dynamic changes throughout, including *f*, *mp*, and *f* again. The score includes various musical notations such as slurs, accents, and a fermata at measure 25. A tempo change to quarter note = 110 occurs at measure 25. The piece concludes with a *ff* dynamic at measure 33.

Measures 1-33

Tempo: $\text{♩} = 80$

Tempo: $\text{♩} = 110$

Dynamics: *ff*, *mf*, *f*, *mp*, *f*, *f*, *ff*

2

37

41

45

$\text{♩} = 120$

49

53

57

$\text{♩} = 110$

61

65

68

ff

mf

f

ff

A' Part

Score

$\text{♩} = 70$

Violin

The score consists of six staves of music. The first staff (measures 1-4) starts with a treble clef, a common time signature, and a tempo marking of quarter note = 70. The dynamics are *f*, *p*, and *mf*. The second staff (measures 5-8) continues with dynamics *f* and *mf*. The third staff (measures 9-12) features dynamics *f* and *mf* with a crescendo hairpin. The fourth staff (measures 13-16) includes a complex chordal texture in measures 13-14, followed by dynamics *mf* and *mf* < *f*. The fifth staff (measures 17-20) has a dynamic of *f* and a decrescendo hairpin. The sixth staff (measures 21) ends with a dynamic of *pp*.

5 *f* *p* *mf*

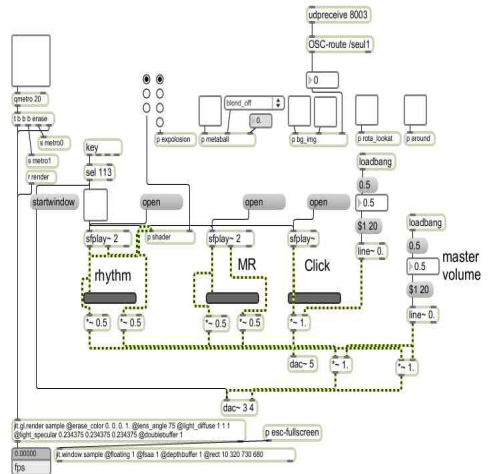
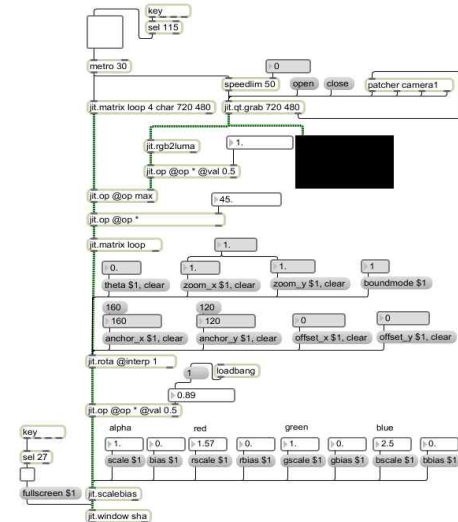
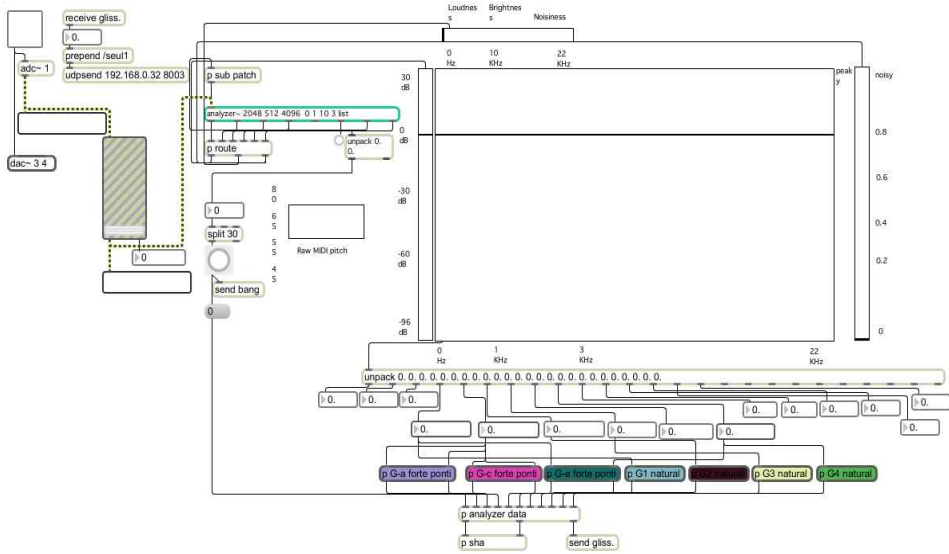
9 *f* *mf* *mf* < *f*

13 *mf*

17 *f*

21 *pp*

부록-2 (Max/MSP/Jitter 패치)



부록-3 (첨부 DVD설명)

1. Planetarium : 2010년 11월 12일 이해랑 예술 극장
<Planetarium>의 공연실황
2. Planetarium : Max/MSP/Jitter 패치
3. Planetarium.wav : 테이프 음악