

석사학위논문

*Particle System*을 이용한  
인터랙티브 멀티미디어음악 제작 연구  
(멀티미디어음악 <Lux aeterna>를 중심으로)

지도교수 김 준

동국대학교 영상대학원  
멀티미디어학과 컴퓨터음악전공  
하 승 연

2006

석 사 학 위 논 문

*Particle System*을 이용한  
인터랙티브 멀티미디어음악 제작 연구  
(멀티미디어음악 <Lux aeterna>를 중심으로)

하 승 연

지도교수 김 준

이 논문을 석사학위논문으로 제출함.

2006년 12월 26일

하승연의 음악석사학위(컴퓨터음악전공) 논문을 인준함.

2007년 1월 일

위원장 : 김 정 호 (인)

위 원 : 조 형 제 (인)

위 원 : 김 준 (인)

동국대학교 영상대학원

# 목 차

I. 서론 .....	1
1. 연구의 목적 .....	1
2. 연구 배경 .....	2
1) 연구개요 .....	2
2) 제작 환경 .....	3
II. 본론 .....	4
1. 작품 구성 .....	4
1) 작품 배경 .....	4
2) 하드웨어 제작 .....	5
3) 영상과 음악의 주제별 특징 .....	7
① 악절 I .....	7
② 악절 II .....	9
③ 악절 III .....	10
④ 악절 IV .....	12
2. 연구 내용 .....	14

1) 사전 연구 .....	14
① 「파티클」 시스템 연구 .....	14
② <i>Sound Synthesis</i> 연구 .....	17
③ <i>LED Dimming</i> 연구 .....	18
2) 인터랙티브 요소의 설계 .....	21
① 컨트롤 인터페이스 구성 .....	21
② 매체 간 상호 관계 .....	22
3) 작품의 실연 .....	23
① 악절 <i>I</i> .....	24
② 악절 <i>II</i> .....	24
③ 악절 <i>III</i> .....	25
④ 악절 <i>IV</i> .....	26
<i>III. 결론</i> .....	28
1. 문제점 .....	28
2. 앞으로의 방향 .....	28
참고문헌 .....	30
<i>Abstract</i> .....	31

## 그림 목 차

[그림 1] 컨트롤 인터페이스 .....	5
[그림 2] 연주자의 움직임에 따른 LED의 변화 .....	6
[그림 3] 컨트롤러의 기술적 흐름도 .....	6
[그림 4] 악절 I의 「파티클」 합성 영상 .....	8
[그림 5] 악절 II의 영상과 색상환을 변화시킨 영상의 비교 .....	9
[그림 6] 여러 영상들의 교차로 인한 효과 .....	11
[그림 7] 「모션블러」의 예 .....	11
[그림 8] 영상의 합성 원리 .....	13
[그림 9] 영상 변환 순서 .....	13
[그림 10] 파티클의 원리 .....	15
[그림 11] 파티클의 예 .....	16
[그림 12] Lanbox .....	18
[그림 13] Leion LED Interface-8 .....	19
[그림 14] 3-pin DMX cable .....	20
[그림 15] Multi LED .....	21
[그림 16] 「디지털타이저」 I-CubeX .....	22
[그림 17] 시스템의 흐름도 .....	22
[그림 18] 무대 구성 .....	23
[그림 19] 수평면 회전의 문제점 .....	26

## 표 목 차

[표 1] 주제별 작품 구성도 .....	7
------------------------	---

# I. 서론

## 1. 연구의 목적

컴퓨터 하드웨어의 발달로 디지털 영상 및 음악 제작의 기술은 매우 빠르게 변화하고 있다. 다양한 공학기술은 예술적 구현에 많은 소재가 되고 있으며 그로 인한 새로운 시도들은 또 하나의 장르로 자리 잡고 있다. 대표적인 예로 실시간 제어가 까다로웠던 컴퓨터 그래픽은 OpenGL<sup>1)</sup>과 Direct3D<sup>2)</sup>등의 API<sup>3)</sup>의 발달로 실시간 「렌더링」(rendering)<sup>4)</sup>의 저수준 연산을 추상화함으로써 다양한 플랫폼(platform)<sup>5)</sup>에서 좋은 인터페이스를 지원하고 있어 응용 프로그램을 개발하기가 수월해짐에 따라 다양한 구현이 가능해졌다. 본 작품은 단순히 색과 선의 혼합에 의한 영상에서 벗어나 화면에 나타나는 구성 요소들에 색상의 증감(gradient), 속도, 크기, 무게 등의 속성을 부여함으로써 각각을 생성하고 제어하는데 있어 좀 더 구체적인 방법을 이용하기로 하였다. 영상의 이러한 요건들은 음악에 있어서 소리 합성에 직접적인 영향을 주어 영상과 음악의 연동이 밀접하게 이루어지게 될 것

- 
- 1) 2D와 3D를 정의한 컴퓨터 산업 표준 응용 프로그램 인터페이스
  - 2) 미국 마이크로소프트사가 windows용으로 개발한 멀티미디어응용 프로그램 인터페이스의 집합
  - 3) application program interface의 약자로 OS 등의 기능과 그 기능을 사용하는 방법을 정의한 함수의 집합을 말한다.
  - 4) 2D그래픽에 그림자, 빛에 따른 색상 변화 등을 이용해서 3D처럼 보이게 하는 방법.
  - 5) 컴퓨터 시스템의 기반이 되는 하드웨어 또는 소프트웨어. 응용 프로그램이 실행될 수 있는 기초를 이루는 컴퓨터 시스템

이다. 또한 센서를 이용한 「파티클」(particle)<sup>6)</sup> 시스템과 소리 합성의 실시간 제어로 영상, 음악, 연주자의 상호보완이 이루어져 기존의 작품과는 다른 형태의 미적 구현이 가능하다. 이로써 본 연구는 멀티미디어 작품이 가질 수 있는 「인터랙티브」(interactive)를 극대화 시키는데 목표를 두고 진행하였다.

## 2. 연구 배경

### 1) 연구개요

본 연구는 영상과 음악이 합쳐진 「인터랙티브」 음악작품으로 미리 제작된 영상과 음악을 바탕에 두고 Jitter<sup>7)</sup> 로 제작된 「파티클」 시스템과 Max/MSP<sup>8)</sup> 의 소리 합성이 서로간의 상호작용과 센서에 의해 생성, 제어되게 된다. 「파티클」을 생성하기 위해 사용되는 여러 속성들은 소리의 음고(音高)와 세기 그리고 delay등을 결정하게 되며 센서는 「디지털라이저」(digitizer)<sup>9)</sup>를 통해 이들의 양을 제어한다.

---

6) 작은 점들의 집합으로 유체역학 등에 의해 동선이 결정지어 지며 구름, 물, 불 등의 효과를 위해 사용된다.

7) Max/MSP 내에서 영상을 실시간으로 제어 할 수 있는 오브젝트 기반의 컴퓨터 프로그램. Cycling74사에서 제작.

8) 음악, 소리, 멀티미디어 등을 그래픽 환경에서 실시간으로 제어할 수 있는 오브젝트 기반의 컴퓨터 프로그램. Cycling74사에서 제작.

9) 컴퓨터 입력장치의 하나로 아날로그 양을 디지털 양으로 변환하는 장치를 의미한다.

## 2) 제작 환경

영상과 음악은 미리 제작된 것과 실시간으로 생성될 것으로 나뉜다. 모션그래픽은 After Effect<sup>10)</sup> 와 Combustion<sup>11)</sup> 으로 제작하여 Jitter를 통해 재생하게 되며 테이프음악 (tape music)<sup>12)</sup>의 경우 Nuendo<sup>13)</sup> 와 Protools<sup>14)</sup>를 통해 이루어 졌고 음원은 Csound<sup>15)</sup>, Audiorealism사의 BassLine<sup>16)</sup>, rgcaudio사의 Z3ta+<sup>17)</sup> 등을 사용하였다. 「파티클」은 Jitter의 여러 오브젝트들의 혼합으로 생성되는데 이를 위해 OpenGL과 JavaScript가 사용되었다. 센서는 3개의 거리센서(distance sensor)<sup>18)</sup>로 이루어져 있으며 「디지타이저」에 의해 Max/MSP에서 사용 가능한 MIDI 신호로 변환되어 전송된다.

---

10) Adobe사의 영상 합성 프로그램.

11) 컴퓨터 그래픽 합성/제작 프로그램. Discreet사에서 제작

12) 미리 녹음되어진 음악을 말한다.

13) Steinberg사에서 만든 음악제작 프로그램.

14) digidesign사에서 만든 음악녹음/편집 프로그램

15) C언어를 기반으로 구현된 사운드 제작 프로그램

16) 가상 아날로그 합성방식의 가상악기 프로그램. Audiorealism사에서 제작.

17) wave shaping방식의 가상악기 프로그램. Rgcaudio사에서 제작.

18) 거리를 감지하는 센서

## II. 본론

### 1. 작품 구성

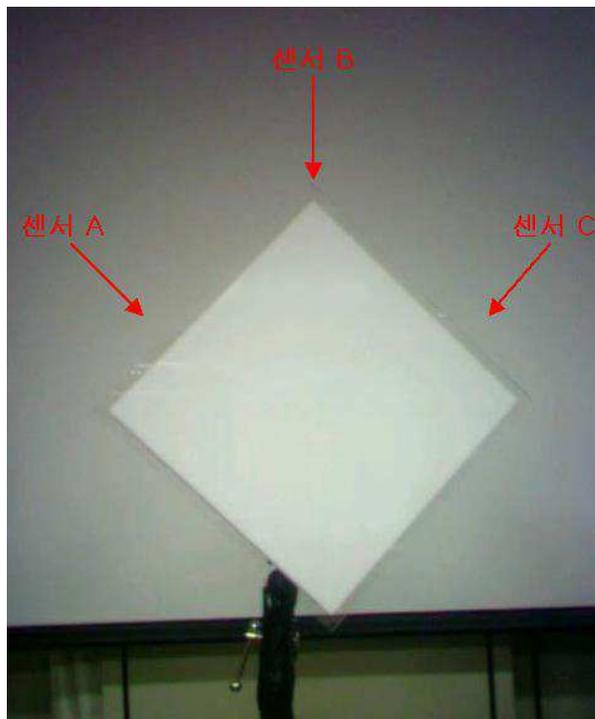
#### 1) 작품 배경

인간의 오감 가운데 정보 인지능력이 가장 우수한 것이 시각과 청각이라고 한다. 그렇기 때문에 보고 듣는 것은 멀티미디어에 있어서 가장 중요한 두 요소가 되고 있다. 음악을 듣는 청각적인 자극이나 그림을 보는 시각적 자극 보다는 영화를 보거나 게임을 하는 등의 두 요소가 공존하는 매체들이 개별적인 감각을 사용하는 매체보다 관객에게 더 큰 영향을 준다는 사실은 오래 전부터 알려져 왔다. 시각과 청각은 서로 독립적인 요소가 아니라 상호보완적인 위치에서 뇌에 정보를 전달한다는 것이다. 이런 사실을 바탕으로 시각과 청각의 기본적인 원소가 되는 빛과 소리를 심미적으로 연동시키는 것이 이 작품의 목적이라 하겠다.

별은 태양이나 달과 함께 그 자체가 신적인 존재로 여겨져 숭배됨과 동시에, 가장 대중적인 거룩함, 영원, 불사, 희망 등의 상징이 되고 있다. 다른 관점으로는 존재하는 빛 중 가장 오래된 빛이라 할 수 있다. 별빛이 지구까지 도달하려면 태양계에 가장 가까운 행성조차도 4년 이상이 걸린다고 한다. 밤하늘에서 볼 수 있는 수많은 별들 중에는 이미 소멸되어 버린 후 빛만 남아 눈으로 전달되고 있는 별도 있을 것이다. 또는 아직 지구까지 도달 하지 못한 빛도 존재할 것이다. 이러한 인간의 짧은 생으로는 상상할 수 없는 방대한 빛들의 생성과 소멸을 주제로 하여 그에 따른 음악적 표현들을 바탕으로 작품을 구성하였다.

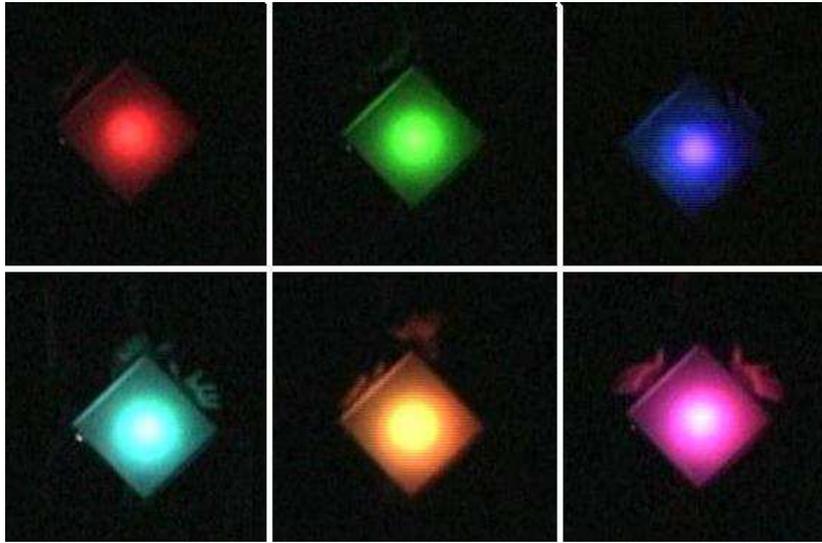
## 2) 하드웨어 제작

관객들로 하여금 연주자의 움직임이 영상과 소리 그리고 조명의 변화와 긴밀한 관계가 있다는 것을 표현할 수 있는 인터페이스를 목표로 하여 제작하였다.

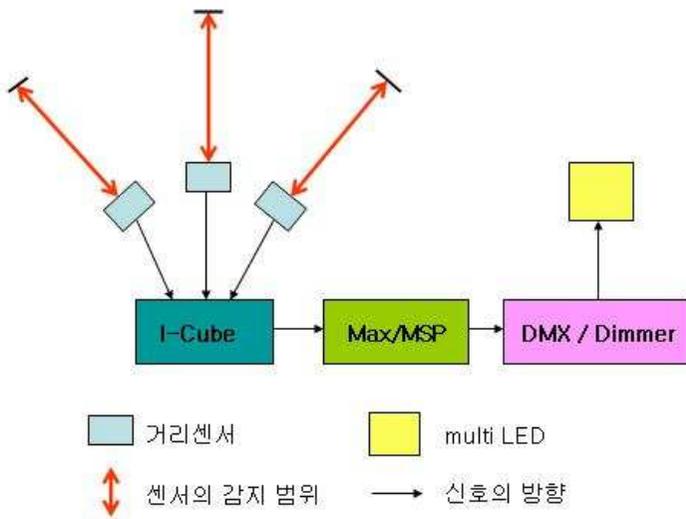


[그림 1] 컨트롤 인터페이스

LED의 빛을 부드럽게 통과 하도록 하기 위해 3장의 아크릴을 겹쳐놓았으며 [그림 1]에서 볼 수 있는 위치에 거리센서를 배치하여 여러 가지 파라미터를 컨트롤 할 수 있게 되었다.



[그림 2] 연주자의 움직임에 따른 LED의 변화



[그림 3] 컨트롤러의 기술적 흐름도

### 3) 영상과 음악의 주제별 특징

본 작품은 전체적으로는 3개의 악절로 구성되어 있다. 각각의 악절은 서로 다른 주제를 가지고 있으며 영상의 변화, 악기의 구성, 센서가 컨트롤 하는 파라미터의 교체 등으로 주제를 표현하고 있다. 전체적인 작품 구성은 다음과 같다.

악절	I	II	III	IV
주제	소멸	생성	이동	배치
길이	02:18	00:45	01:23	01:10 (총 길이 05:36)
음악 형식	A	B	B'	C
영상 형식	A+B	C	D+E	F

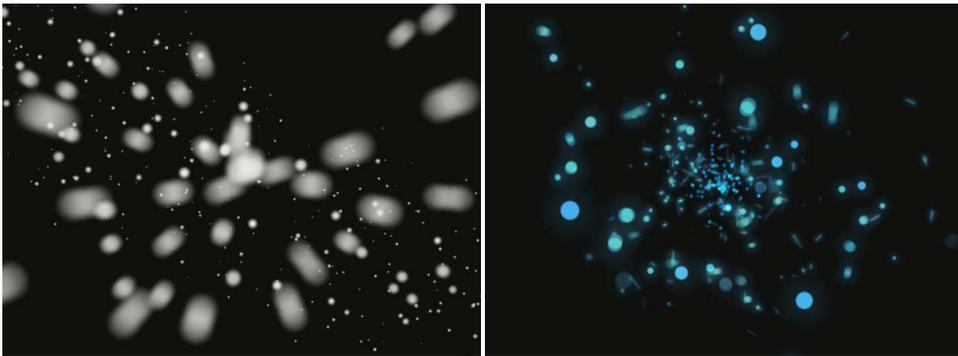
[표 1] 주제별 작품 구성도

#### ① 악절 I (02:18)

빛의 소멸을 주제로 한 곡의 도입부로 Jitter를 이용한 「파티클」과 영상합성, 미리 녹음된 테이프음악으로 구성된다. 영상은 After Effect와 Combustion으로 제작한 3개의 「퀵타임」(Quicktime)<sup>19)</sup> 동영상과 Jitter의 jit.p.vishnu 오브젝트로 생성한 「파티클」로 이루어져 있으며 테이프음악에 미리 연동시켜 제작된 「퀵타임」 동영상은 센서의 컨트롤에 따라 투명도와 속도가 결정되어 연주자의 움직임에 따라 Jitter의 「파티클」과 합성된다. Jitter와의 합성하는 방법으로 「퀵타임」 동영

19) 애플(Apple)사에서 제작한 동영상 파일 포맷. mov라는 확장자를 갖는다.

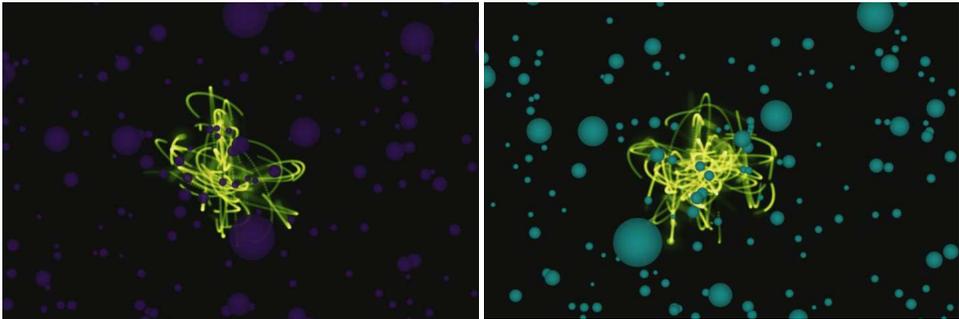
상은 단색을 택했으며 jit.p.vishnu에서 생성되는 「파티클」과의 이질감을 줄이기 위해 2차원인 「쿼타임」 동영상을 Jitter의 3차원 공간에 생성한 수평면에 영사하여 「파티클」의 움직임에 따라 시점을 변화하였다. 또 작품에서의 빛은 행성으로 표현이 되었기 때문에 전체적인 영상의 분위기는 우주공간과 흡사하도록 구성하였다. 곡에 사용한 음원은 크게 C Sound를 이용한 소리 합성과 가상악기를 사용한 음원으로 나누는데 저음역대의 사운드는 방대한 우주 공간을 표현하고 있으며 고음역대의 사운드는 행성들의 움직임을 묘사하는데 사용되었다. 테이프음악은 Max/MSP에서 작품의 시작과 함께 재생되며 영상의 위치 정보를 통해 「쿼타임」 동영상과 「파티클」의 파라미터가 변화 또는 교환되어 연주자의 움직임과 영상, 음악이 어우러질 수 있도록 구성하였다.



[그림 4] 악절 I의 「파티클」 합성 영상

## ② 악절 II (00:45)

2번째 악절에서는 여러 행성들 사이에서 새로 생성되는 행성을 표현하였다. 2개의 「퀵타임」 동영상과 테이프음악으로 이루어져 있으며 센서는 영상의 시점, 색상환(hue circle)<sup>20)</sup>, 투명도 그리고 명암을 컨트롤 한다. 색상환을 변화시키게 되면 영상전체에 영향을 주기 때문에 빛을 표현한 개체들을 제외한 나머지 공간에 색상환의 영향을 주지 않게 하기 위해서 전체적인 공간은 검은색으로 처리하였다. 「퀵타임」 영상은 테이프음악의 기타 사운드를 중심으로 연동시켰으며 악절 I에서 사용된 저음역대의 사운드를 최대한 자제하고 기타 사운드와 느린 템포로 진행되는 고음의 합성음과의 교차시킴으로써 고요 속에서 탄생하는 행성의 시작을 묘사하고 있다.



[그림 5] 악절 II의 영상과 색상환을 변화시킨 영상의 비교

20) 색상에 따라 빛깔을 둥그렇게 배열한 것

### ③ 악절 III (01:23)

악절 III은 7개의 「쿼타임」 동영상과 3개의 테이프음악으로 구성되어 있다. 2개의 「쿼타임」 동영상의 시간적 순서에 의한 투명도 변화로 진행되다가 여러 개의 「쿼타임」 동영상으로 이루어진 2개의 그룹이 동시에 재생되며 이때의 영상은 아무 효과도 적용하지 않은 영상과 미리 여러 가지 효과를 적용시켜 놓은 영상으로 나누어진다. 이 두 개의 영상이 연주자의 움직임에 따라 교차됨으로써 Jitter에서 표현이 불가능한 「모션블러」(motion blur)<sup>21)</sup> 등의 효과들을 실시간으로 적용시킬 수 있게 되었다. 이런 연주자의 컨트롤에 따른 효과는 악절이 시작되면서 새로 재생되는 테이프음악과도 연동이 되어 보다 인터랙티브한 연주를 가능하게 하였다. 별의 이동을 표현한 악절 III에서는 리듬감 있는 움직임을 묘사하기 위해 곡의 템포를 변경하면서 「플랜저」(flanger)<sup>22)</sup>를 이용한 드럼에 베이스 사운드를 혼합하여 딜레이를 줌으로써 리듬감을 배가시켰다. 수많은 행성이 서로 마찰을 일으키며 이동하는 공간을 표현하기 위해 소리의 속도를 인위적으로 빠르게 변화시켜 음정을 높이는 방법을 사용하였으며 이 소리는 개별적인 테이프음악으로 재생하여 연주자가 컨트롤 할 수 있게 하였다.

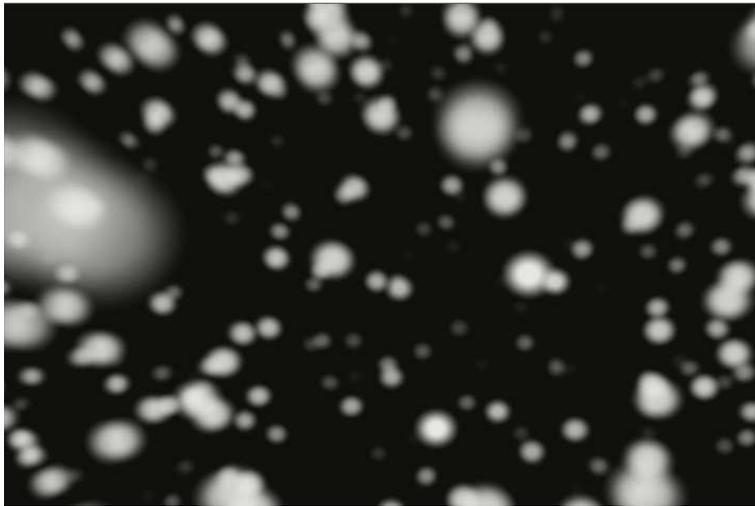
---

21) 특정 각과 거리에 따라 초점이 흐려지는 효과. 속도감을 표현하기 위해 사용된다.

22) 소리에 미세한 딜레이를 주어 위상의 변화를 일으키는 효과.



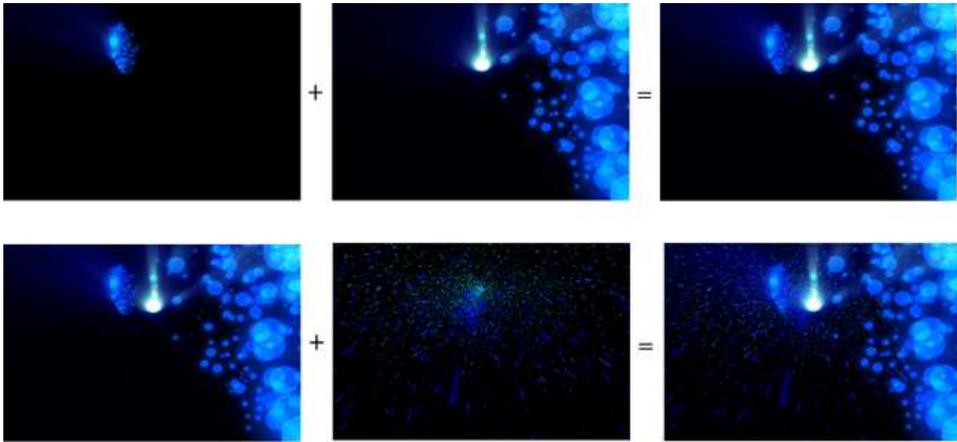
[그림 6] 여러 영상들의 교차로 인한 효과



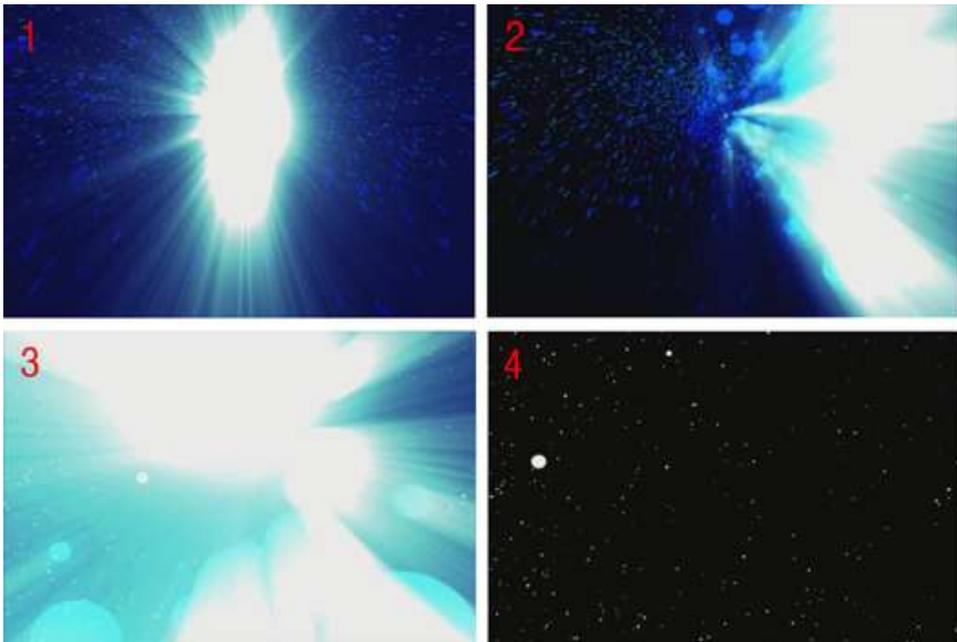
[그림 7] 「모션블러」의 예

#### ④ 악절 IV (01:10)

악절 IV는 행성들이 이동을 끝내고 각자의 자리로 배치되는 움직임을 표현하였다. 아직 이동을 끝내지 못한 행성들과 스스로 소멸되는 행성들 사이에서 바쁘게 자리를 찾아가는 모습을 묘사하기 위해 3개의 「퀵타임」 동영상을 교차시키며 진행하였으며 영상 변화에 따라 적용되는 2개의 테이프음악이 사용되었다. 작품의 제목인 <Lux aeterna>의 뜻인 ‘영원한 빛’이 여정을 마치고 별로서의 위치에 놓이게 되는 순간을 웅장하게 표현하기 위해 저음역대의 사운드를 중심으로 제작하였다. 악절 IV의 주제인 ‘배치’를 표현하기 위해 센서의 컨트롤로 위치를 변화시키며 소리를 추가하는 방법을 사용했는데 이는 [그림 5]에서 볼 수 있듯이 두 영상의 투명도를 동시에 낮춤으로써 기본이 되는 영상에 시각적인 영향을 주지 않고 하나의 새로운 이미지를 합성시킬 수 있게 하였다. 이때 합성되는 이미지는 위치 값을 가지고 있어서 새로 추가되는 테이프음악의 위치를 파악하는데 영향을 주게 하였다.



[그림 8] 영상의 합성 원리



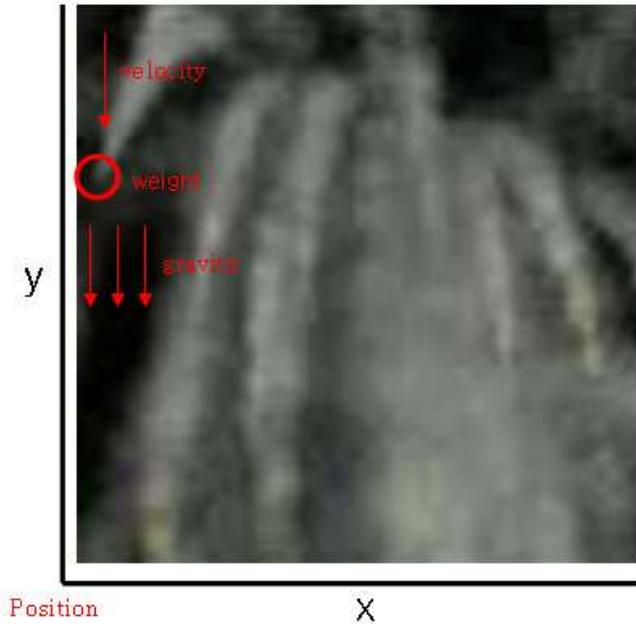
[그림 9] 영상 변환 순서

## 2. 연구 내용

### 1) 사전 연구

#### ① 「파티클」 시스템 연구

「파티클」은 질량, 위치, 속도 등을 가지며, 힘에 반응하지만, 공간적인 크기는 갖지 않는 객체를 말한다. 각각의 입자는 개별적인 특성을 가지고 있으며 입자들은 서로 간에 독립적으로 행동한다. 그러나 「파티클」 시스템은 공통적인 특성을 공유하고 있기에, 개별 입자들은 독립적으로 움직이더라도 전체적으로 볼 때 하나의 공통된 효과를 나타낸다. 「파티클」은 위치(Position), 속도(velocity), 색상(color), 알파(alpha), 크기(size), 수명(age), 2차 위치(secondary position), 2차 속도(secondary velocity) 등의 속성으로 구성되어 있으며 공통적인 속성인 중력(gravity)등에 영향을 받는다. 이러한 입자들의 운동은 음악 또는 연주자에 의해 컨트롤된다.



[그림 10] 파티클의 원리

「파티클」 생성을 위해 Jitter의 오브젝트 `jit.p.shiva`와 `jit.p.vishnu`를 사용하였는데 제어 가능한 파라미터들은 다음과 같다.

### ***jit.p.shiva***

`emit` - 「파티클」의 최대 생성 개수

`emit_var` - 「파티클」 개수의 범위

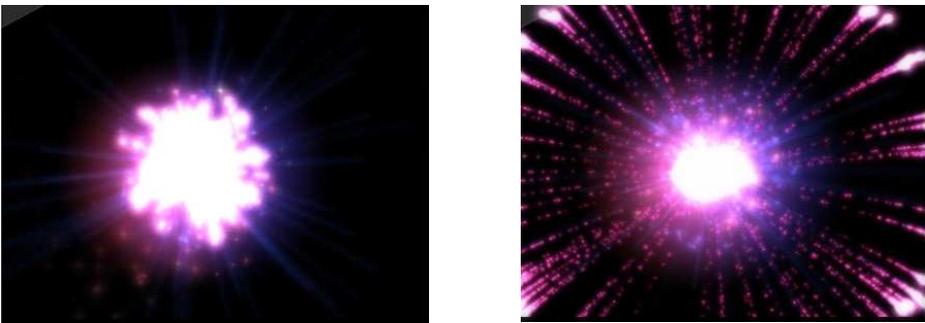
`life` - 「파티클」이 생성되어 사라지기까지 걸리는 시간

`life_var` - `life`의 범위

### *jit.p.vishnu*

- force - 「파티클」에 가해지는 힘
- pitch - 힘의 세기
- pitch\_var - 세기의 범위
- pos - 「파티클」의 초기 생성 위치
- pos\_var - 위치의 오차 범위
- speed - 「파티클」의 속도
- speed\_var - 속도의 증감 범위

jit.p.shiva로 단순한 「파티클」을 생성해 낼 수는 있지만 중력 등의 힘을 가하기 위해서는 jit.p.bounds로 만들어진 제한된 공간에 jit.p.vishnu의 「파티클」을 생성하게 되면 일정한 공간에 일정한 힘이 가해진 입자들의 운동을 만들어 낼 수 있다. 마지막으로 「파티클」을 모션그래픽과 합성을 해야 하는데 3차원 객체인 「파티클」과 2차원 객체인 영상을 한 화면에 합성하는 것은 불가능하기 때문에 영상을 3차원 공간의 수평면에 영사한 후 이루어지게 된다.



[그림 11] 파티클의 예

이미 생성된 입자들을 원하는 방향 또는 모양으로 형성되도록 하기 위해 중력과 위치의 이동, 카메라 포커스를 이용했다. [그림 8]의 왼쪽 그림에서 오른쪽 그림으로 변화하는데 쓰이는 파라미터들은 센서로 컨트롤하기엔 너무 많은 요소들을 가지고 있다. 따라서 전체적인 동선을 바탕으로 제작한 영상에 여러 변화를 준 영상을 동시에 재생함으로써 투명도의 제어만으로 센서를 컨트롤하는 연주자의 움직임에 인터랙티브하게 연동 될 수 있게 하였다.

## ② *Sound Synthesis* 연구

### 가. *C Sound*

작품의 전반에 사용된 테이프음악을 제외한 사용자의 움직임에 연동되는 사운드는 대부분 행성의 생성, 소멸, 움직임 등의 비현실적인 소리들이 사용되었다. 자연에 존재하지 않는 소리를 제작하기 위해 *C Sound*에서 「그레놀라」(Granular)<sup>23)</sup>와 여러 소리들을 강제적으로 합성하고 음정을 변화시키는 방법을 사용하였다.

### 나. 가상악기(VSTi)<sup>24)</sup> 연구

아날로그 가상악기 인 Moog Modular로 만들어진 소리 파형의 패턴을 분석한 자료를 바탕으로 각각의 소리가 가지고 있는 특정 부분만을 잘라내어 반복적으로 연결시켜 사용함으로써 왜곡된 소리를 생성하였

---

23) Granular Synthesis. 오디오 시그널을 잘게 잘라 각각의 알맹이(grain)의 음량, 엔벨롭 등을 조절하여 새로운 사운드를 생성하는 소리 합성법

24) Virtual Studio Technology Instrument의 약자로써 소프트웨어 기반의 가상 악기를 뜻한다. 독일의 소프트웨어 제작사인 Steinberg사에 의해 1966년에 공개된 기술이다.

다.

### ③ LED Dimming 연구

#### 가. DMX의 개요

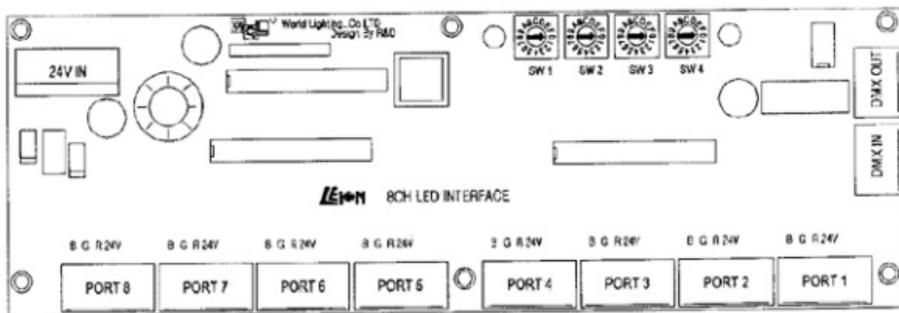
DMX는 컴퓨터의 RS-232 신호나 MIDI 신호 같은 조명 장비를 위한 통신 규약이다. DMX를 이용하면 간접적으로 조명장비를 제어할 수 있다. 가장 최근의 표준 DMX는 DMX-512이며 DMX Compiler를 통해서 컨트롤 된다.



[그림 12] Lanbox

## 나. LED Dimmer의 개요

DMX 신호를 받아 고유 어드레스가 없는 LED 기구를 제어하는 인터페이스이다. LED의 채널별로 다양한 색상, 밝기, 스트로브(Strobe)<sup>25)</sup> 기능을 조절할 수 있다. 인터페이스의 구조에서 볼 수 있는 각각의 포트는 RGB 3개의 채널과 24V(+) 1채널로 이루어져 있으며 3, 6, 12, 24개의 채널로 설정하여 포트에 독립적으로 RGB를 각 LED로 할당한다.



[그림 13] Leion LED Interface-8

LED Dimmer는 3-pin DMX를 사용하고 LanBox-LCX는 5-pin DMX를 사용한다. 따라서 신호 전송에 쓰이지 않는 4, 5번 pin을 제거하고 서로 다른 pin수를 동일하게 하기 위해 일반 3 pin XLR 케이블을 이용해 DMX 제어케이블을 제작하였다.

25) 아주 짧은 시간(수백분의 1초~수만분의 1초)에 비추는 빛, 플래시



[그림 14] 3-pin DMX cable

#### 다. 색의 제어

Multi LED<sup>26)</sup>로 보내지는 전압의 양으로 색이 결정되게 되는데 이는 DMX Controller로 보내지는 MIDI 신호가 제어한다. 다만 Max/MSP에서 모니터 할 수 있는 색의 신호는 256x256x256이고 MIDI 신호인 127을 256으로 scale하는 과정에서 일정 수치까지의 신호는 LED의 밝기에 큰 영향을 주지 못하기 때문에 3번의 scale을 거쳐 MIDI신호를 분배시킨다. 이때의 최댓값은 1초에 10번의 갱신이 이루어지므로 사용자의 움직임에 즉각 반응하게 되어있다.

---

26) 아주 작은 3개의 LED를 작은 공간에 배치하여 색을 혼합할 수 있도록 만든 LED

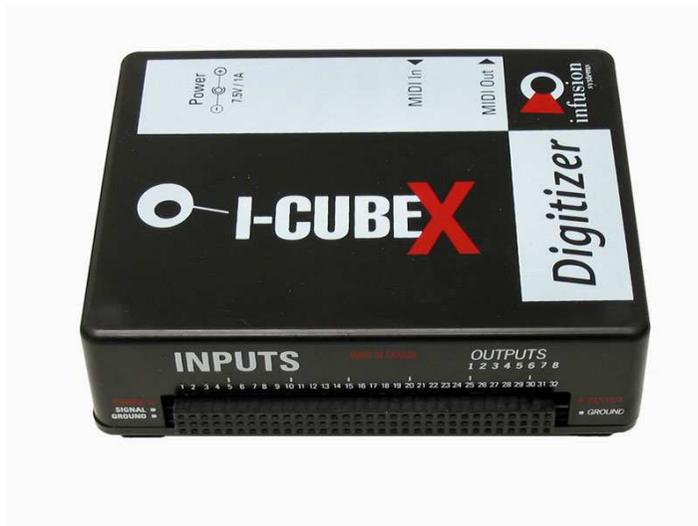


[그림 15] Multi LED

## 2) 인터랙티브 요소의 설계

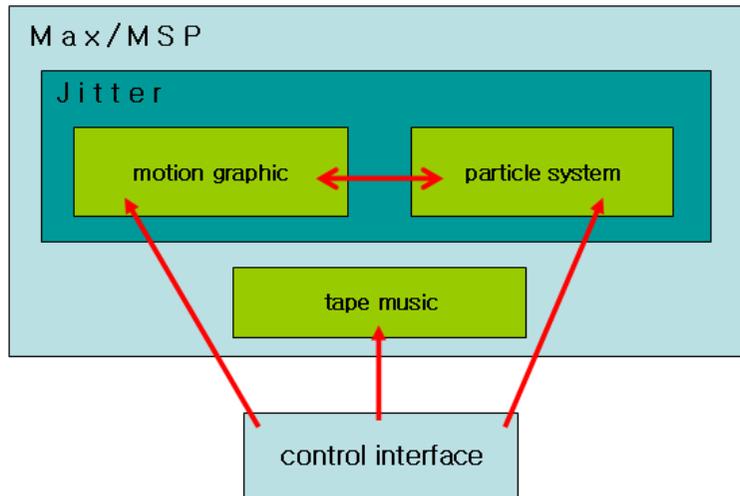
### ① 컨트롤 인터페이스의 구성

시각과 청각은 매우 밀접한 관계가 있으며 멀티미디어에 있어서 가장 큰 두 요소가 되는 사항이므로 시각과 청각이 유기적으로 연동된다면 기술적, 미학적으로 더 큰 성과를 이루어 낼 수 있을 것이기에 연주자의 움직임에 반응하여 빛이 제어되는 인터페이스를 만드는 것이 가장 중점적인 목표가 되었다. 거리센서가 감지한 수치는 「디지털타이저」에 의해 MIDI 신호로 Max/MSP에서 RGB 값으로 변환한다. 그 수치는 다시 Lanbox에서 DMX신호로 재 변환되어 LED Dimmer로 보내져 LED를 제어하게 된다.



[그림 16] 「디지타이저」 I-CubeX

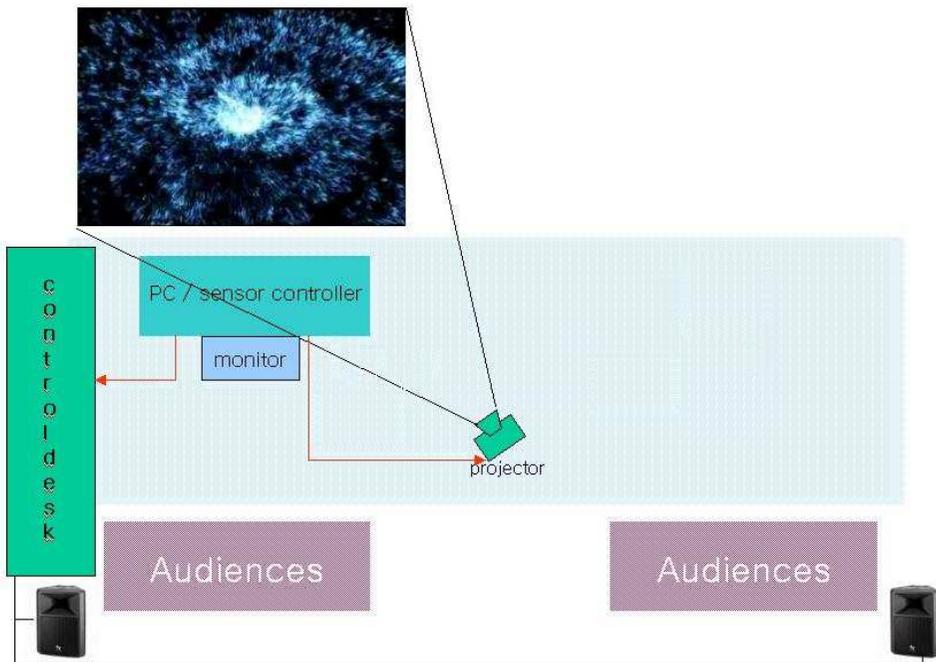
② 매체 간 상호 관계



[그림 17] 시스템의 흐름도

- Max/MSP : 테이프음악을 재생하며 센서에서 전송된 값을 「파티클」 시스템을 위한 신호로 변환해주며 전체 시스템을 동기화 시켜주는 역할을 수행한다.
- Jitter : 영상을 재생하며 음악과 센서 의한 여러 정보들을 받아들여 「파티클」을 생성한다
- Sensor : 연주자의 움직임 감지하고 그 값을 「디지털타이저」를 통해 Max/MSP로 전송한다.

### 3) 작품의 실연



[그림 18] 무대 구성

## ① 악절 I

악절 I은 관객에게 빛이 존재하고 있는 공간을 알리는 것으로 시작한다. 센서A에 카메라 회전, 센서B에 영상의 밝기, 센서C에 영상의 투명도를 할당하였으며 「파티클」 시스템의 생성에 관여하는 파라미터는 영상의 위치 정보에 의해 변화한다. 시작과 함께 「파티클」 시스템의 emit를 0에서 200으로 증가시키고 「파티클」의 살포가 전부 이루어지면 「퀵타임」 동영상의 투명도를 올리며 재생한다. 「파티클」 시스템과 「퀵타임」 동영상의 합성이 이루어진 후 우주 공간을 인식시키기 위해 「퀵타임」 동영상이 영사되고 있는 삼차원 공간의 수평면을 30도 회전시키며 동시에 「파티클」 시스템의 force 위치를 동일한 각으로 변경한다. 그렇게 되면 「퀵타임」 동영상의 카메라 z축 위치가 이동하다가 0.5초가량 화면의 절반 이상이 백색으로 가려지게 되는데 그 시점에서 「파티클」 시스템의 force 위치가 수평으로 돌아오고 gravity는 0이 된다. 센서A에 주어진 카메라의 회전과 센서C에 주어진 영상의 투명도에 의해 멀리 사라지는 행성들을 연출하다가 영상의 교체가 이루어지고 Jitter의 「파티클」 시스템을 중단한다. 행성들이 소멸되고 있음을 의미하는 고음역대의 테이프음악과 함께 센서C에 의해 영상들이 합성되다가 테이프음악의 악절 I이 끝나는 직후 모든 영상의 투명도를 0으로 한다.

## ② 악절 II

새로운 행성의 시작을 의미하는 악절 II에서는 Jitter의 색상환과 컨트롤 인터페이스 LED의 색변화를 연동시켜 연주자가 작품을 제어하고

있음을 관객들이 인지할 수 있도록 구성하였다. 악절 I이 끝남과 동시에 「퀵타임」 동영상의 시점, 색상환, 투명도, 명암을 제어하여 영상과 음악에 연동시킬 수 있도록 Max/MSP의 구성이 교체된다. 센서C로 「퀵타임」 동영상의 투명도를 조절하면 여러 점들은 미리 만들어놓은 동선에 따라 클로즈업 되면서 시작된다. 센서A의 값에 2.83을 곱한 후 전송하여 색상환의 최댓값인 360이 되게 했으며 센서B와 센서C는 50 이하의 값을 split을 통해 그 어떠한 파라미터에도 영향을 주지 않도록 하였기 때문에 센서A로 색상환을 변경할 때 조금씩 수치를 더해줌으로써 여러 가지 색 표현이 가능하게 하였다. 악절 II의 마지막 투명도는 영상의 위치정보에 따라 자동으로 이루어진다.

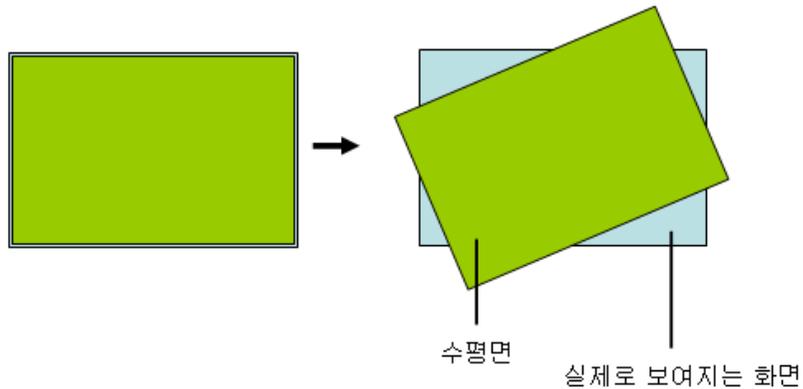
### ③ 악절 III

악절 III은 빠른 속도로 이동하는 행성들을 리듬감 있는 음악으로 표현함으로써 분위기를 전환하고자 하였다. 테이프음악이 low-pass filter<sup>27)</sup>를 거쳐 나온 소리의 음량을 측정하여 그 수치가 0.3 이상 일 때 마다 DMX 신호에 0을 전송함으로써 테이프음악의 bpm<sup>28)</sup>에 따라 컨트를 인터페이스의 LED가 점등되게 된다. 악절 III은 3개의 동영상 그룹으로 이루어져 있는데 첫 번째 그룹은 센서C에 의해 수평면을 회전시키고 두 번째와 세 번째 그룹은 센서A로 동일한 동선으로 구성된 여러 개의 영상을 인터랙티브하게 교차하면서 효과를 첨가하거나 제거할 수 있다. 수평면이 회전할 때 [그림 18]과 같은 현상이 일어나는 것을 방지하기 위해서 0도-90도 회전할시 수평면의 가로 세로 비율을 40%

27) 기준점 이하의 소리는 통과시키고 그 이상의 소리는 차단하는 필터

28) Beat Per Minute. 분당 박자 수

증가하고 90도-180도를 회전할시 40% 감소시키며 OpenGL로 생성한 삼차원 공간 안에 검은색의 대형 구체를 생성해서 확대, 축소에서 일어날 수 있는 오류를 방지한다.



[그림 19] 수평면 회전의 문제점

#### ④ 악절 IV

배경이 되는 영상A가 재생되면 연주자의 움직임에 의해 영상B가 합성되는데 동선은 영상A의 위치 정보에 의해 결정되고 영상B의 트리거(trigger)<sup>29)</sup>에 의해 영상C가 시작된다. 영상A를 마지막 「레이어」(layer)<sup>30)</sup>로 두고 영상B와 영상C를 상위 「레이어」로 지정하면 영상B와 영상C의 투명도 제어만으로도 영상 합성이 이루어지지만 영상B와 영상C의 투명도를 낮출수록 영상A는 어두워지게 되므로 상위 「레이

29) 온·오프 상태를 변환시키는 제어신호

30) 컴퓨터 그래픽에서 그림에 있는 요소 작성에 사용되는 여러 화면 중 하나.

어」의 투명도가 낮아질 때마다 jit.brcosa의 brightness를 증가시킨다. 이때 센서C에 할당되어 있던 jit.brcosa의 연결을 해제하여야 중복되는 데이터를 방지할 수 있다. 마지막으로 악절 I의 「파티클」 시스템을 재가동해야 하는데 자연스러운 연결을 위해 [그림 6]과 같은 순서로 화면을 하얀색으로 채운 후 합성하는 방법을 사용하였다.

### III. 결론

#### 1. 문제점

Jitter에서 고해상도 영상을 지원하지 않고 있기 때문에 미리 제작한 영상의 화질 저하가 불가피했다. 화질 저하가 이루어진다 해도 영상과 OpenGL의 합성으로 인해 정확한 계산이 요구되어야 하는 metro, tempo, delay 같은 Timing계열 오브젝트들이 어느 정도 시스템에 부하가 걸리면 무작위의 지연이 생겨서 여러 가지 문제를 불러오고 있다. 영상만을 독립적으로 처리하는 컴퓨터를 추가하여 영상의 매트릭스(matrix)<sup>31)</sup> 정보를 Max/MSP로 보내어 프로세싱을 분산하는 방법이 Cycling74사에 의해 제시되었지만 아직 완벽한 지원을 하지 않고 있어서 다른 해결책이 요구된다.

또 컨트롤 인터페이스의 LED는 현재 출시되어 있는 제품 중 가장 밝은 빛을 발하는 Power LED 제품이지만 높은 가격에도 불구하고 실제 공연에서 연주자에게 조명을 비추지 않고는 연주자의 움직임을 파악하기가 힘들었다.

#### 2. 앞으로의 방향

이번 작품을 통해 센서를 이용한 컨트롤에서 많은 한계를 느꼈다. 센

---

31) 숫자나 문자를 정사각형 또는 직사각형으로 배열하여 그 양끝을 괄호로 묶은 것.

서가 신호를 입력 받아 「디지털타이저」에서 출력되는 0에서 127사이의 범위로는 연주자가 원하는 정확한 수치를 얻어내기가 힘들뿐더러 센서와 「디지털타이저」의 오작동이 빈번하기 때문에 많은 양의 프로세싱을 요하는 작품에서는 안정적인 작업이 쉽지 않다. 하지만 움직임을 감지하여 데이터로 변환해 준다는 점은 관객들에게 시각적 즐거움을 주기가 용의하기 때문에 힘든 조건에도 많은 장점을 가지고 있는 것은 사실이다. 앞으로의 하드웨어 성능 발전에 의해 더 나은 작업 환경이 주어지길 바라는 바이다.

Keyword (검색어): Max/MSP, multimedia(멀티미디어), particle(파티클), computer music(컴퓨터 음악), sensor(센서), LED, DMX

E-mail: mckmck@paran.com

## 참 고 문 헌

Stanley R. Alten (Syracuse University). "Audio in Media" (Sixth Edition), WADSWORTH, THOMSON LEARNING. (2002).

Boulanger, Richard. "The Csound Book" Massachusetts: The MIT Press Cambridge. (2000).

Robert Rowe "Interactive Music Systems" Massachusetts: The MIT Press Cambridge. (1994).

LanBox-LCX Hypermail archive ([www.lanbox.com](http://www.lanbox.com))

Max/MSP Tutorial Cycling74 ([www.cycling74.com](http://www.cycling74.com))

Jitter reference book ([www.cycling74.com](http://www.cycling74.com))

## *Abstract*

*A Study on the Interactive Multimedia Music Creating by  
Realtime Controlled Computer Music and Particle System*

*(Focus on Multimedia-Music <Lux aeterna>)*

*Ha, Seung Yun*

Nowadays, the technology of producing digital image and music is rapidly changing with the advance of computer hardware. Varied technologies have been used as subject and theme of artwork. Many attempts continued and this new experiment has become a kind of genre in art. For examples, the computer graphic technology like OpenGL and Direct3D supports a useful interface in varied platform by performing low-level operations of rendering. Therefore the computer graphic technology that was difficult to be controlled in real-time is easier to make lots of kinds of new attempts. In this study, more specified way is used in controlling and generating each element of image by giving attributes such as gradient of colors, rate, size, weight. Moreover, the aesthetic expression can be implemented by the interactive complement among real-time controls of Particle system and sound synthesis in image, music

and performer. Such features can make this work different with another existing work. To maximize the interaction that multimedia work can contain is main purpose of this study.