석 사 학 위 논 문

프로젝션 맵핑을 이용한
미디어아트 공연 작품 제작 연구

-미디어아트 작품 <Interface>를 중심으로-

지도교수 김 준

동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과

유 다 혜

2026

석 사 학 위 논 문

프로젝션 맵핑을 이용한 미디어아트 공연 작품 제작 연구
- 미디어아트 작품 〈Interface〉를 중심으로 -

유 다 혜

지도교수 김 준

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2025 년 12 월

유다혜의 융합예술석사(미디어아트) 학위 논문을 인준함

2026 년 1 월

위원장 정 진 헌 (인)

위 원 김 정 호 (인)

위 원 김 준 (인)

동국대학교 영상대학원

I. 서 론

1. 연구 배경 및 목적 ····· 1

2. 작품 소개 ····· 3

II. 기술 연구 ····· 5

1. 프로젝션 맵핑 ····· 5

2. 음원 제작 ····· 7

3. 영상 제작 ····· 8

4. 아두이노를 사용한 서보모터 제어 ····· 12

5. DMX 조명 제어 ····· 20

6. OSC 통신을 통한 영상과 음악 제어 ····· 25

III. 연구 기술의 작품 적용 ····· 31

1. 공연 제작 및 시스템 설계 ····· 31

2. 미디컨트롤러 맵핑을 통한 DMX 조명기 조작 ····· 35

3. 작품 파트별 기술 적용 ····· 36

1) Intro ····· 37

2) Part 1 ····· 38

3) Part 2 ····· 39

4) Part 3 ····· 40

4) Part 4 ····· 41

4) Outro ····· 42

IV. 결 론 ····· 43

참 고 문 헌 ····· 45

ABSTRACT ····· 47

표 목 차

<표-1> 공연 테크니컬 운영 체계 ····· 3
<표-2> 음원 구간별 원본 음악과 성격 설명 ····· 8
<표-3> 송출 영역별 영상 분류 ····· 9
<표-4> 영상 시나리오 ····· 11
<표-5> DMX 조명기 사용 항목 설명 ····· 24
<표-6> 작품 파트별 설명 ····· 38
<표-7> intro 장비 사용 효과 ····· 39
<표-8> part1 장비 사용 효과 ····· 40
<표-9> part2 장비 사용 효과 ····· 41
<표-10> part3 장비 사용 효과 ····· 42
<표-11> part4 장비 사용 효과 ····· 43
<표-12> outro 장비 사용 효과 ····· 44

그 림 목 차

[그림-1] 빛의 시어터 <구스타프 클림트 전> ····· 1
[그림-2] 팀랩 플래닛 ····· 2
[그림-3] 소규모 프로젝션 맵핑 활용 사례 ····· 2
[그림-4] 공연 장비의 무대 배치 ····· 4
[그림-5] 대형 스크린과 셋업월의 프로젝션 맵핑 가이드 이미지 ····· 5
[그림-6] 셋업월 도면 ····· 6
[그림-7] 셋업월 배치 예상도 ····· 7
[그림-8] 플레이트 도면 ····· 13
[그림-9] 중계 카메라 오브제 ····· 13

[그림-10] 아두이노 우노 보드 ····· 14
[그림-11] 서보모터 연결 전기 회로 구성 ····· 15
[그림-12] Firmata 프로토콜을 활용한 아두이노 출력 컨트롤 흐름도 ···· 16
[그림-13] firmata 오퍼레이터에서 받는 아두이노 입력핀 데이터값 ····· 16
[그림-14] 서보모터 컨트롤 시스템 플로우 ····· 17
[그림-15] keyboard in CHOP 설정 ····· 18
[그림-16] constant CHOP 설정 ····· 18
[그림-17] math CHOP 설정 ····· 19
[그림-18] select CHOP 설정 ····· 19
[그림-19] filter CHOP 설정 ····· 20
[그림-20] firmata 오퍼레이터 설정 ····· 20
[그림-21] DMX 조명기 활용 예시 ····· 21
[그림-22] DMX 컨트롤 시스템 플로우 ····· 22
[그림-23] DMX 사용 항목 설정 ····· 23
[그림-24] math CHOP 설정 ····· 24
[그림-25] limit CHOP 설정 ····· 25
[그림-26] dmx out CHOP 설정 ····· 25
[그림-27] midi in map CHOP과 constant CHOP의 연동 ····· 26
[그림-28] OSC통신 시스템 플로우 ····· 27
[그림-29] 메인 영상, 서브 영상 재생 시스템 플로우 ····· 28
[그림-30] keyboard in CHOP 설정 ····· 28
[그림-31] rename CHOP 설정 ····· 29
[그림-32] Resolume Arena에 있는 메인 영상의 OSC통신 주소 확인 · 29

[그림-33] osc out CHOP 설정 ····· 30
[그림-34] Resolume Arena의 OSC 통신 포트번호 설정 ····· 30
[그림-35] logic CHOP 설정 ····· 31
[그림-36] movie file in TOP 설정 ····· 31
[그림-37] window COMP 설정 ····· 32
[그림-38] 공연장 시스템 배치 ····· 33
[그림-39] 실제 공연 무대 전경 ····· 34
[그림-40] 실제 셋업월 ····· 34
[그림-41] 가이드 파일 맵핑 ····· 35
[그림-42] 가이드 파일과 실제 영상의 맵핑 비교 ····· 35
[그림-43] 공연 테크니컬 라이더 ····· 36
[그림-44] 공연에서 사용한 Novation Launch Control XL의 미디 맵핑 ····· 37
[그림-45] 장비들의 입력이 없는 상태를 나타내는 프로젝션 맵핑 영상 ····· 39
[그림-46] 서보모터 작동 ····· 40
[그림-47] 모니터1 작동 ····· 40
[그림-48] 모니터2 작동 ····· 40
[그림-49] 프로젝터 영상과 DMX 조명 컬러 연동 ····· 41
[그림-50] 영상과 조명의 컬러와 움직임 연동 ····· 42
[그림-51] 영상과 조명의 효과 연동 ····· 43
[그림-52] 장비들의 입력이 없는 상태를 나타내는 프로젝션 맵핑 영상 44

I. 서 론

1. 연구 배경 및 목적

프로젝션 맵핑(projection mapping)은 프로젝터(projetor)를 사용하여 물리적인 구조물이나 사물의 표면에 디지털 영상을 투사하여, 공간이나 사물의 형태를 변형시키거나 확장된 현실감을 부여하는 영상 기법이다. 일반적인 평면 스크린이 아닌, 건축물, 조형물, 무대 세트, 심지어 사람의 몸에까지 영상을 정밀하게 맵핑함으로써, 관객에게 강한 몰입감과 시각적 경험을 제공할 수 있다. 이 기술은 단순한 영상 투사를 넘어, 공간 그 자체를 캔버스로 활용하는 공간 기반 미디어아트 혹은 오디오비주얼 퍼포먼스의 핵심 기술로 자리 잡고 있다.

최근 미술 전시 분야에서 대표적인 활용 형태로는, 고전 회화 작품에 영상과 음향을 입혀 전시장의 벽면, 천장, 바닥 전체를 캔버스로 삼아 몰입형 미디어 전시를 구성하는 경우가 있다. [그림-1]의 <빛의 시어터 (Atelier des Lumières)>가 이에 해당한다. 관객은 접근의 제약이 없는 넓은 공간에서 프로젝터를 통해 공간 전체에 투사된 영상과 동시에 음향을 감상하며 자유롭게 공간을 거닐며 관람할 수 있다.

[그림-1] 빛의 시어터 <구스타프 클림트 전>[1)]

1) https://www.ikoreanspirit.com/news/articleView.html?idxno=67714

[그림-2]의 <팀랩(teamLab)>은 실시간 센서 데이터, 관객의 움직임 등을 반영한 인터랙티브(interactive)[2] 맵핑 기술을 사용한다. 관객은 전시관을 자유롭게 걸어 다니거나 오브제[3]를 만지면서 영상 또는 조명 등의 요소가 변하는 것을 확인할 수 있다.

[그림-2] 팀랩 플래닛[4]

프로젝션 맵핑은 작가 개인 혹은 소규모 전시에서도 비용 효율적인 공간 연출 수단으로도 많이 활용되며, 물리적 설치물을 최소화한 상태에서도 다양한 분위기 연출, 서사 구성, 감정 전달이 가능하다는 점에서 각광 받고 있다. [그림-3]

[그림-3] 소규모 프로젝션 맵핑 활용 사례[5]

2) 두 가지 이상의 요소가 상호작용하는 것.
3) 프랑스어인 objet에서 온 말로, 미술사에서 사물, 객체 이상의 상징적인 가치를 갖는다.
4) https://activity.priviatravel.com/activity/product/detail/PRD3001106558
5) https://www.nocutnews.co.kr/news/5710004

2. 작품 소개

본 논문의 작품 <Interface>는 공연에서 사용되는 장비를 무대 위 주인공으로 바라보는 관점에서 기획되었다.

현대의 콘서트, 페스티벌 등의 공연은 장비를 다루는 기술을 갖춘 전문인력이 모여 <표-1>과 같은 일률적인 구조하에 일시적으로 모였다가 흩어지는 일회적인 관계의 집합이다.

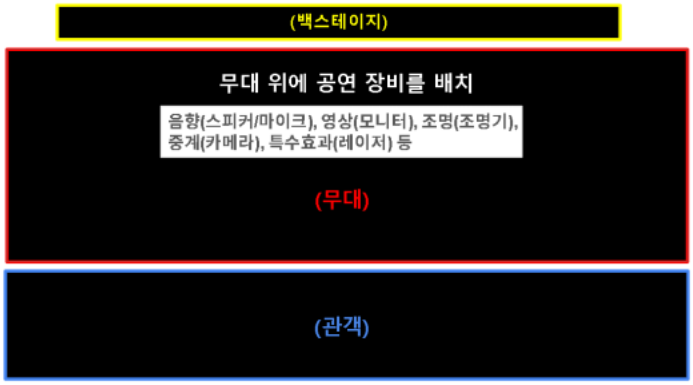
<표-1> 공연 테크니컬 운영 체계

연출 | 큐 타이밍에 맞춰 각 팀에 장비 조작 지시

역할	음향	조명	영상	중계	특수효과
수행 업무	음향 효과와 배경음악, 마이크, 스피커 등 음향 장비 조율	무대 씬과 상황에 맞는 조명 디자인, 큐 메모리	프로젝션, LED 등 매체에 따라 화면 송출 및 디자인	배우, 출연자 실시간 팔로잉 촬영 및 화면 송출 용 컷 연출	레이저, 에어샷, 포그 등의 장치를 설치 및 조작
해당 장비	스피커, 마이크 및 음향 장비	DMX 조명	LED 또는 프로젝션 영상 화면	카메라	레이저, 에어샷

본인은 이러한 협업 방식을 하나의 거대한 조율된 시스템으로 바라보며, 그 과정에서 사람과의 심도 있는 의사소통이 생략되고, 대신 장비를 조작하는 기계적 협업이 중요시되는 현장에 주목하며, 그 안의 효율성과 명확성을 흥미롭게 바라보았다. 이러한 관계성을 기반으로 공연을 구성하는 장비와 이를 조작하는 스태프를 직관적으로 보여주는 방법으로써 장비를 무대 위 주인공 역할로 내세웠다.

[그림-4]와 같이 기존 공연과 달리 연주자 또는 배우를 앞세우기보다 공연에서 볼 수 없도록 숨겨진 부분인 장비와 스태프를 무대 위에 올리고 음악에 맞춰 작동하고 협업하는 모습을 보여주었다.



[그림-4] 공연 장비의 무대 배치

단순히 공연 스태프들의 업무를 드러내는 것이 아닌, 관객들에게 장비의 쓰임새를 넘어선 외관 그 자체를 공연으로서, 공연과 관객을 이어주는 인터페이스(interface)[6]로서 설명하는 작업이다.

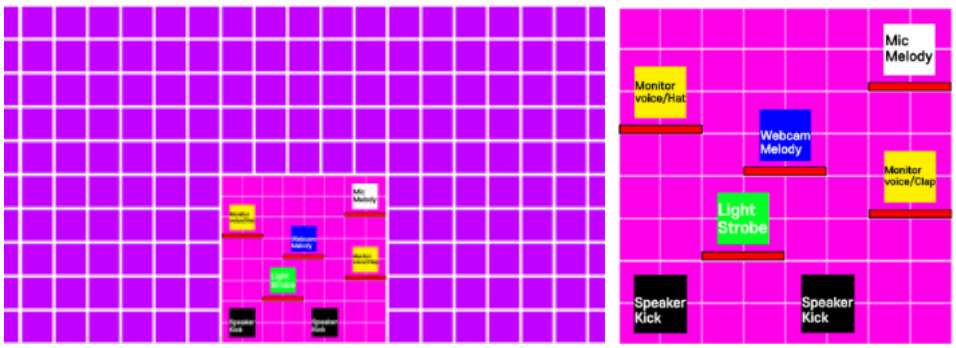
이를 위해 맞춤 셋업월(Setup Wall)[7]인 가벽을 제작하여 공연 장비들을 무대 위에 배치하였고, 프로젝션 맵핑을 사용하여 공연장 정면 대형 스크린과 셋업월에 영상을 투사하여 연출하였다. 프로젝션 맵핑된 영상과 함께 음악의 싱크에 맞게 움직이는 장비들의 움직임을 효과적으로 볼 수 있도록 하였다.

6) 사물과 사람, 사물과 사물을 이어주는 매개체.
7) 공연 장비를 무대 위에 배치하기 위해 제작한 가벽 구조물로써 본 논문에서 이름을 지정했다.

II. 기술 연구

1. 프로젝션 맵핑 연구

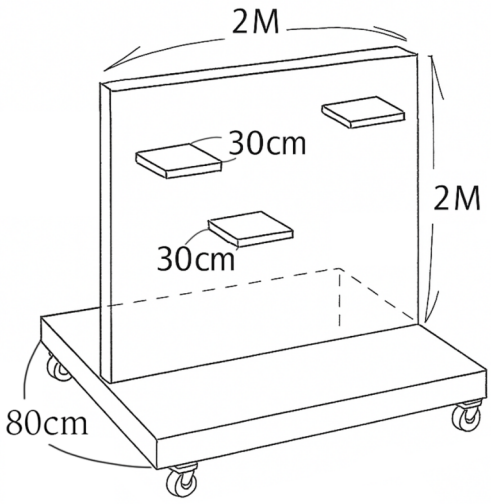
대형 스크린과 셋업월에 프로젝션 맵핑을 하기 위해 각 구역의 사이즈와 형태에 맞는 가이드 이미지를 먼저 제작하였다. 가이드 이미지는 영상의 비율과 색상을 가늠하기 위한 용도로써 격자 형태와, 시각적 구분을 위해 서로 다른 색상을 사용하여 공연 장비들의 위치, 역할을 표기하였다. [그림-5]는 각각 대형 스크린과 셋업월에 투사될 영상의 가이드 이미지다.



[그림-5] (좌) 대형 스크린의 프로젝션 가이드, (우) 셋업월의 프로젝션 가이드

공연 장비를 오브제로서 보여주기 위해 장비들을 비치해 놓을 수 있는 가벽 구조물인 셋업월을 제작하였다. [그림-6]은 셋업월 제작 도면이다. 가로와 세로 길이가 2m인 가벽에 바퀴를 달아서 손쉽게 이동할 수 있도록 하였고, 일정 간격으로 선반을 설치하였다. 5개의 선반에는 최상단에서부터 마이크, 모니터1, 중계카메라 오브제, 모니터2, DMX[8] 조명을 두었고 비교적 무거운 스피커를 맨 아래에 배치하였다. 구조물의 모든 면을 하얀색 무광 페인트로 마감하여 프로젝션 영상이 잘 보이도록 하였다.

8) Digital MultipleX를 기반으로 제어되는 공연 무대용 조명 장비이다.



[그림-6] 셋업월 도면

[그림-7]은 셋업월 배치 예상도이다. 셋업월을 중심부에 두고 공연자가 측면에 위치하여, 셋업월에 배치되어있는 공연 장비를 컨트롤 할 수 있도록 하였다.그리고 프로젝션 맵핑을 통해 정면의 대형 스크린과 함께 셋업월에 영상이 투사될 수 있도록 하였다.

[그림-7] 셋업월 배치 예상도

2. 음원 제작

본 작품의 음원은 하우스/테크노(house/techno)[9] 장르의 댄스 음악인 <Marie Davidson_work it(Soulwax Remix)>, <Soul of Man_Dirty Waltzer>, <Kyle Watson_The reason(Extended Mix)>, <RDNK_No Number Yet>. 이렇게 총 4곡의 셋리스트(set list)[10]로 구성되었다. 장비들의 정확한 작동 큐[11]를 보여주기 위해 드럼비트 위주로 박자와 리듬의 변화가 일정한 4/4박자의 음악들로 선정하였고, 총 7분 57초 길이의 타임라인으로 편집하였다.

초반부 곡은 드럼 사운드가 잘 들리는 간단한 구성의 음악으로 선정하였다. 그리고 장비를 조작하는 사람의 흔적을 드러내기 위해 가사가 있는 음악으로 선정하였다. 후반부 곡은 분위기가 전환되며 테크노 장르 성격의 리드(lead)사운드[12]로 고조되는 느낌을 강조하였다. 사람보다 공연 장비 자체를 더 강조하기 위해 장비가 작동할 때 발생하는 알림음이나 시스템 온오프 음 등 기계적 사운드 요소가 있는 음악을 사용하여 초반부와 대비되게 하였다. <표-2>참고.

<표-2> 음원 구간별 원본 음악과 성격 설명

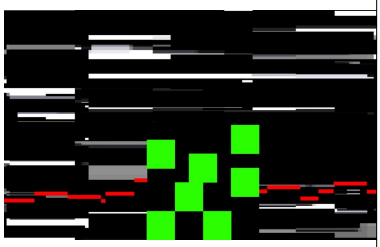
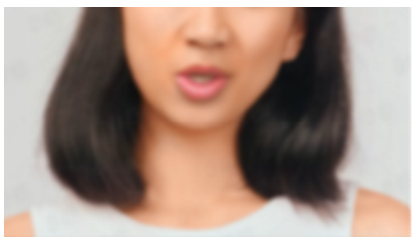
시간	구간	강조 개체	분위기	프로듀서_곡 이름
00:00 ~04:49	초반부	사람/스태프	밝고 경쾌	Marie Davidson_work it(Soulwax Remix)
				Soul of Man_Dirty Waltzer
				Kyle Watson_The reason(Extended Mix)
04:49 ~08:05	후반부	기계/장비	어둡고 미니멀	RDNK_No Number Yet

9) 1900년대 후반 추락한 클럽씬을 부흥시키기 위해 DJ에 의해 발생한 댄스를 위한 음악 장르.
10) 곡의 목록을 순차적으로 기록한 문서.
11) 연극, 콘서트 등의 공연 용어. 시작 신호를 말한다.
12) 곡의 메인 멜로디를 대표하는 사운드

3. 영상 제작

영상은 프로젝터로 투사될 영상 A와 모니터 2대에 송출될 영상 B로 나누어 제작하였다. A는 메인 영상으로, 대형 스크린과 셋업월에 동시에 맵핑된다. LED 스크린의 해상도와 컬러를 체크할때 사용하는 가이드 이미지처럼 사각형과 직선 등으로 최소한의 도형과 컬러만을 사용하여 제작하였다. 도형의 움직임은 전체적인 음악의 흐름과 드럼에 맞춰져 있다. B는 서브 영상으로, 모니터 2대에 동시에 송출된다. 사람이 음악의 가사에 맞춰 입술을 움직이는 영상이다. <표-3>참고.

<표-3> 송출 영역별 영상 분류

영상 분류	메인 영상 A	서브 영상 B
송출 영역	대형스크린과 셋업월	모니터 2대
영상 예시		

<표-4>를 보면 영상은 음악의 분위기에 맞춰 intro, part1, part2, part3, part4, outro로 총 6개의 파트로 구성하였다.

intro에서는 장비의 입력신호가 없는 상태에서 음악만 재생된다. 입력신호가 없다는 것을 표현하기 위해 파란색을 사용하여 블루스크린의 의미를 차용하였다.

part1에서는 셋업월의 장비가 작동하기 시작하며 정해진 큐와 일정한 박자에 맞게 움직인다. 이를 영상으로 드러내기 위해 작동하는 장비의 구역만 파란색 사각형으로 표시하였다. 그리고 가사가 나오는 타이밍에 맞춰 영상 B가 모니터 2대에 송출된다.

part2에서는 음악이 고조되며 셋업월과 대형 스크린 전체에 영상이 투사된다. 모든 장비가 일제히 작동하는 모습을 보여준다.

part3에서는 영상의 직선 도형의 움직임과 컬러를 DMX 조명의 움직임, 컬러와 일치시켜 장비들의 연동시스템을 보여주고, [13]no signal 이미지, tv noise[14], glitch[15] 등의 기계적 에러에서 볼 수 있는 시각적 이미지를 사용하여 장비의 존재를 더욱 드러내었다.

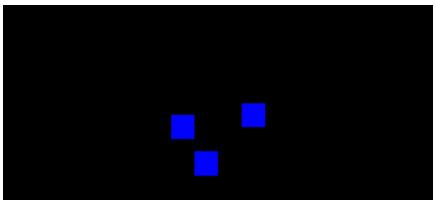
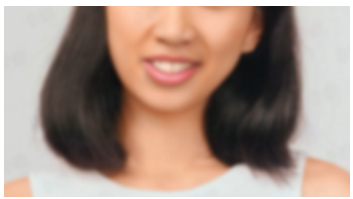
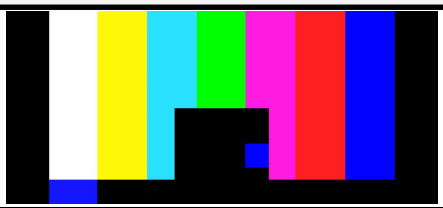
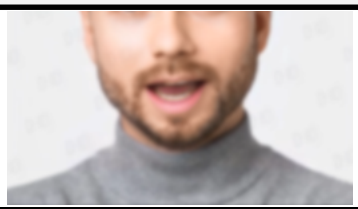
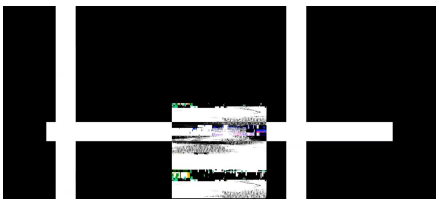
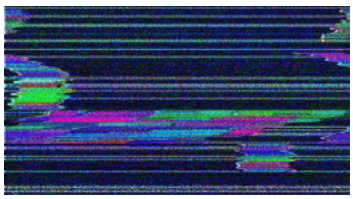
part4에서는 영상의 빨간색 직선이 아래에서 위로 빠르게 이동하는 것으로 음악에서 상승하는 느낌의 리드사운드를 드러내었고, 장비가 빠르게 작동하며 과열되는 것을 표현하였다.

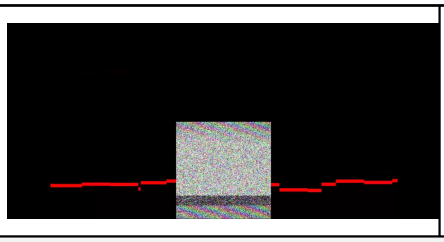
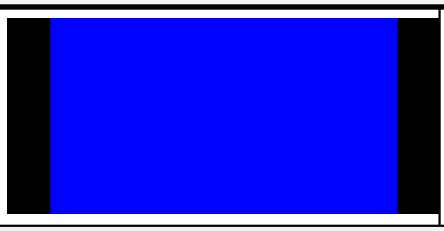
outro에서는 모든 장비들이 작동을 멈춰버린다.

---

13) 장비의 케이블 또는 안테나로부터 입력없음을 나타내는 이미지.
14) 아날로그 TV에서 안테나가 신호를 수신하지 못할 때 디스플레이에 발생하는 무작위 픽셀 도트.
15) 기계의 기술적 결함으로 디스플레이에 송출되는 이미지에 발생하는 깨짐.

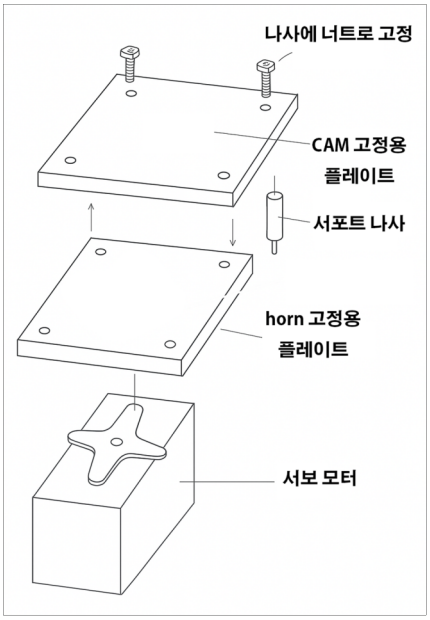
<표-4> 영상 시나리오

	메인 영상 A	서브 영상 B
intro		
내용	장비가 꺼져있어서 신호가 없는 상태이다.	
part1		
내용	장비들이 음악에 맞춰 하나둘씩 부팅되며, 공연에서 각자의 역할을 보여준다.	
part2		
내용	음악이 고조되며 장비들이 일제히 작동하는 모습과 함께 영상 소스가 바뀌며 분위기가 전환된다.	
part3		
내용	음악이 점점 고조되며, 노이즈, 수직 수평으로 뻗어나가는 흰색 기둥 소스와 흰색 조명으로 장비들의 연동을 보여준다.	

part4		
내용	거세지는 음악과 함께 빨간색 라인 소스가 상승하는 움직임을 사용하여 장비들이 점점 과열되고 고장 나는 것을 표현하였다.	
outro		
내용	과열된 장비들이 꺼져버린다.	

4. 아두이노를 사용한 서보모터 제어

서보 모터(servo motor)[16]는 중계 카메라 오브제가 좌우로 회전할 때 사용된다. 먼저 중계 카메라의 형태적인 특징과 움직임을 구현할 오브제를 제작하였다. [그림-8]은 서보모터의 회전에 따라 웹캠이 안정적으로 움직일 수 있게 받쳐주는 아크릴 플레이트의 도면이다. 모터의 회전에 맞춰 돌아가는 혼(horn)[17]에 플레이트를 부착하였다. 여기에 웹캠의 바닥면을 부착할 용도의 또 다른 플레이트를 서포트 나사와 너트로 고정하였다.



[그림-8] 플레이트 도면

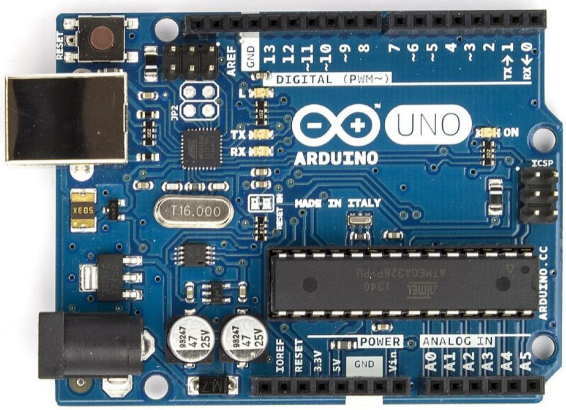
[그림-9]는 중계 카메라 오브제의 완성 형태이다. 카메라 삼각대에 서보모터의 몸체를 부착하였고, 서보모터의 회전을 통해 피사체를 팔로우하며 좌우로 고개를 움직이는 중계 카메라의 형태적인 특징과 움직임을 구현하도록 하였다.

16) 입력에 따라 속도, 각도, 위치값을 조정할수 있는 전기모터.
17) 모터의 회전축에 연결되어 방향, 움직임을 조정하고 다른 부품과 연결하는데 사용되는 부품.

[그림-9] 중계 카메라 오브제

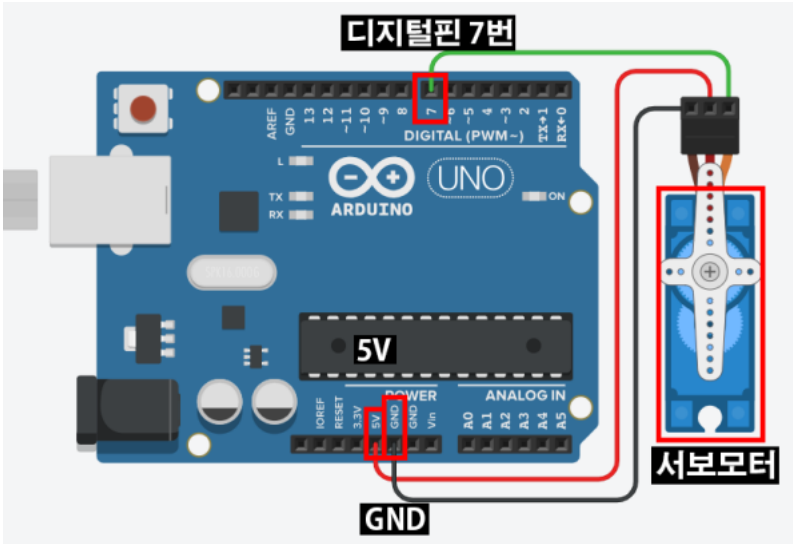
서보모터의 회전을 제어하기 위해 아두이노를 사용하였다. Arduino IDE (Integrated Development Environment)는 아두이노 보드에 코드를 작성하고 업로드할 수 있도록 도와주는 오픈소스 개발 환경이다. C/C++ 기반의 간단한 문법을 사용하며, 센서, 모터, led 등 다양한 하드웨어 제어를 손쉽게 할 수 있다. 미디어아트 분야에서 관객과 상호작용하는 인터랙티브 미디어아트 작품에 널리 쓰인다. [그림-10]은 본 작품에서 서보모터를 제어하기 위해 사용한 아두이노 우노(Arduino UNO)[18] 보드이다.

18) 아두이노 개발환경에서 작성한 코드를 해당 보드에 업로드하여 연결된 하드웨어를 제어한다. Arduino Uno, Nano, Mega 등 다양한 크기와 용도의 보드 중 가장 보편적인 모델.



[그림-10] 아두이노 우노 보드[19)]

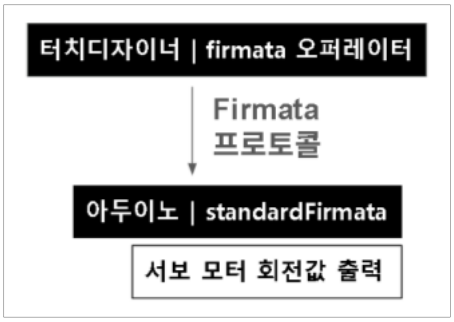
서보모터와 아두이노 보드의 연결은 [그림-11]과 같이 하였다. 모터의 빨간색인 양(+) 전원선을 Arduino Uno의 5V핀에 검정색인 음(-) 전원선을 GND핀에, 초록색인 입력핀을 디지털 7번에 각각 연결하였다.



[그림-11] 서보모터 연결 전기 회로 구성

19)https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a6/Arduino_Uno_006.jpg/960px-Arduino_Uno_006.jpg

서보 모터를 컨트롤 하기 위해 Firmata[20] 프로토콜을 사용하였다. [그림-12]는 Firmata 프로토콜을 활용하여 터치디자이너를 통해 아두이노 서보 모터를 컨트롤 하는 데이터의 흐름도이다.



[그림-12] Firmata 프로토콜을 활용한 아두이노 출력 컨트롤 흐름도

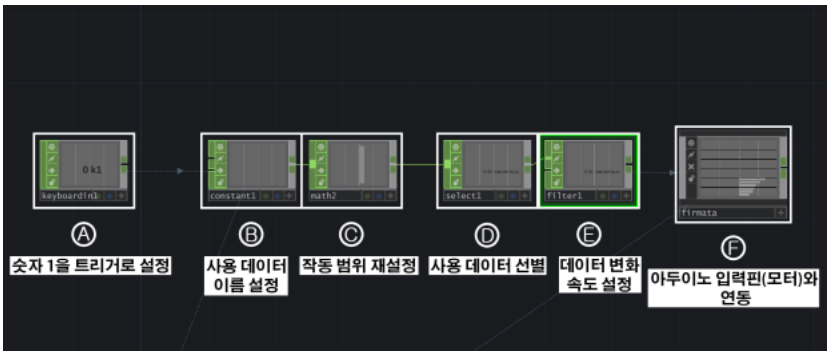
Firmata는 아두이노, 터치디자이너(TouchDesigner)[21] 등의 소프트웨어에서 내장 패키지로 구현되어 있어서 손쉽게 사용가능하다. 먼저 아두이노 예제의 StandardFirmata를 보드에 업로드하였고, 터치디자이너의 fimata 오퍼레이터를 통해 모터를 컨트롤 하였다. [그림-13]을 보면 터치디자이너의 firmata 오퍼레이터에서 아두이노 보드로부터 들어오는 모든 입력핀의 데이터 값을 확인할 수 있다.

[그림-13] firmata 오퍼레이터에서 받는 아두이노 입력핀 데이터값

20) 컴퓨터(또는 스마트폰/태블릿 등)의 소프트웨어에서 마이크로컨트롤러와 통신하기 위한 프로토콜.

21) Derivative 사에서 개발한 인터랙티브 아트, 프로젝션 맵핑, 오디오비주얼 등 미디어 아트에 사용되는 노드 기반의 시각적 프로그래밍 개발 환경.

서보모터가 좌우로 회전하는 방식은 [그림-14]와 같은 시스템 플로우로 구성하였다. 간략하게 설명하면, Ⓐ의 keyboard in CHOP[22]에서 컴퓨터 키보드의 입력값을 작동 트리거로 정하였다. Ⓑ의 constant CHOP에서 Ⓐ로부터 들어오는 값의 이름을 바꿔주었고, Ⓒ의 math CHOP에서 입력값이 작동하는 범위를 바꿔주었다. Ⓓ의 select CHOP에서는 여러개의 값 중에서 서보모터에 해당하는 데이터만을 사용하도록 하였다. 그리고 Ⓔ의 filter CHOP을 거쳐서 데이터가 서서히 변화할 수 있도록 했다. 마지막으로 이를 Ⓕ의 firmata 오퍼레이터에 서보모터 회전각의 수치와 연동하였다. 자세한 설명은 아래에서 하겠다.

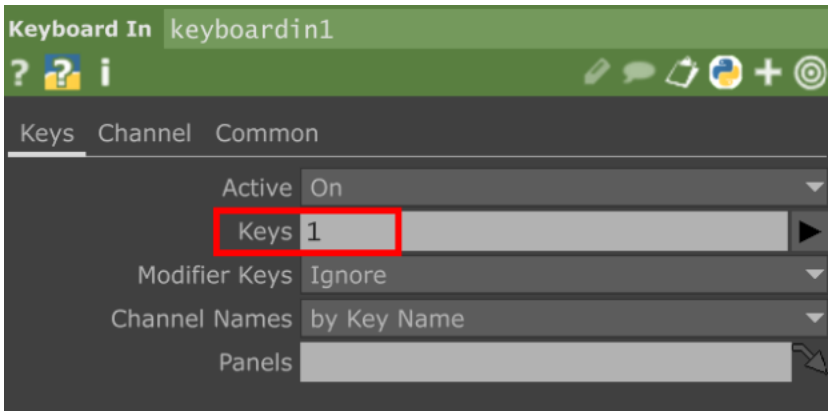


[그림-14] 서보모터 컨트롤 시스템 플로우

-Ⓐ 숫자 1을 트리거로 설정

[그림-15]를 보면 키보드의 숫자 1번을 누를 때마다 서보모터가 좌우로 회전하도록 할 것이기 때문에 keyboard in CHOP에서 숫자 1을 트리거값으로 입력해주었다.

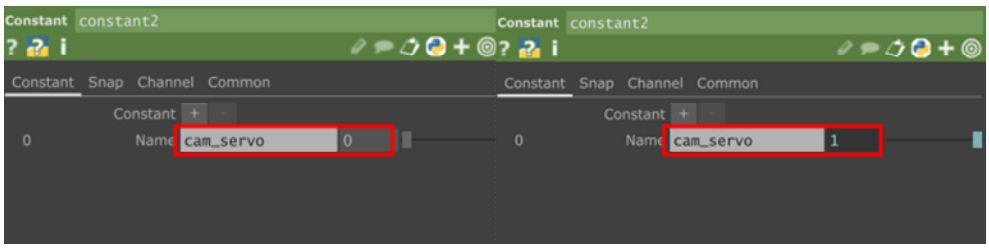
22) Channel Operator의 줄임말.



[그림-15] keyboard in CHOP 설정

-Ⓑ 사용 데이터 이름 설정

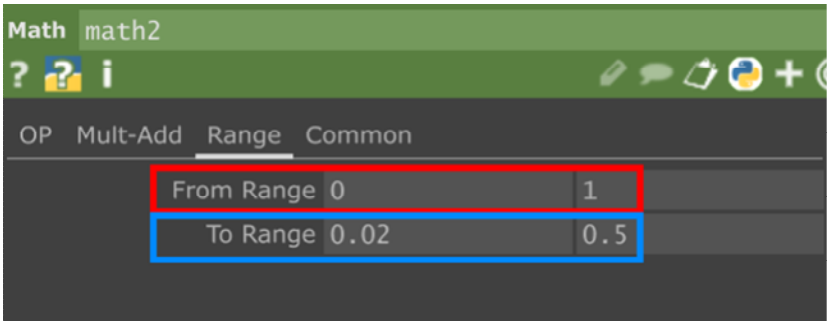
constant CHOP 오퍼레이터는 사용할 데이터들의 이름을 바꿔서 리스트를 만들 수 있다. [그림-16]을 보면 컨트롤할 데이터의 이름을 cam_servo로 정해주었고, 숫자 1을 누른 상태일 때 cam_servo의 값이 0에서 1로 바뀌는 것을 확인할 수 있다.



[그림-16] constant CHOP 설정

-Ⓒ 작동 범위 재설정

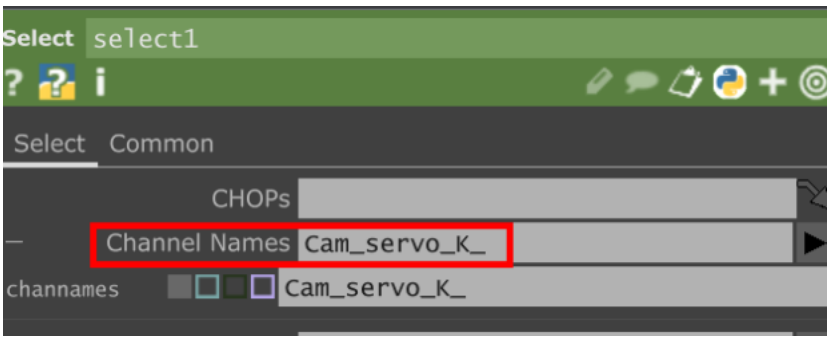
서보모터의 좌우 회전각은 0-180도 내에서 제어할 것이기 때문에 math CHOP에서 범위를 다시 정해주었다. [그림-17]을 보면 모터의 회전이 180도에 도달하는 수치가 0.5였으므로, 0-1값을 0.02-0.5로 재조정 해주었다. 최솟값이 0이 아닌 이유는 모터에 들어가는 입력값이 완전한 0이 될 때 모터와의 연결이 꺼지는 오류가 있었기 때문에 0에 가까운 값인 0.02로 해주었다.



[그림-17] math CHOP 설정

-Ⓓ 사용 데이터 선별

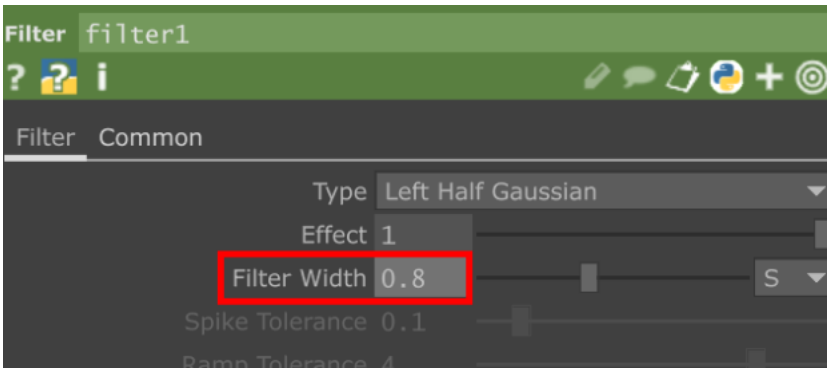
[그림-18]과 같이 select CHOP을 통해 다른 데이터와 혼선되지 않도록 cam_servo만을 선택해주었다.



[그림-18] select CHOP 설정

-Ⓔ 데이터 변화 속도 설정

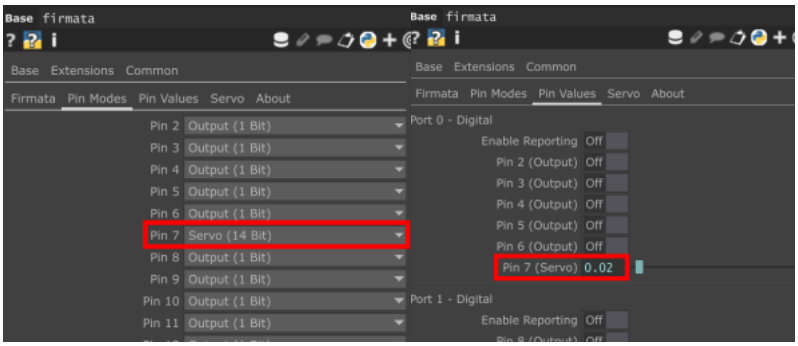
math CHOP에서 정한 0.02-0.5의 범위 내에서 모터가 좌우로 회전하는 변화값이 서서히 오르내리도록 하였다. [그림-19]의 filter width 값이 클수록 데이터가 서서히 변화한다. 0.8로 해주었다.



[그림-19] filter CHOP 설정

-Ⓕ 아두이노 입력핀(모터)와 연동

firmata 오퍼레이터의 pinmode에서 아두이노 입력핀의 상태를 설정할 수 있다. [그림-20]을 보면 디지털 7번의 출력을 servo로 해주고, pin values에서 디지털 핀 7번이 servo로 되어있는 것을 확인할 수 있다. 그리고 Ⓔ의 filter 값을 디지털 핀 7번에 연동시킨다. 아무 입력이 없는 상태일 때 기본값이 0.02로 설정되고, 1을 누른 상태일 때 0.5로 서서히 올라가는 것을 확인 할 수 있다.



[그림-20] firmata 오퍼레이터 설정

5. DMX 조명 제어

DMX 조명기는 국제 표준 프로토콜인 DMX(Digital MultipleX)를 기반으로 제어되는 무대용 조명 장비이다. DMX512는 하나의 콘솔에서 최대 512개의 채널을 제어할 수 있도록 설계된 디지털 신호 규격이며, 각 채널은 0에서 255까지의 값을 통해 밝기, 색상, 움직임, 패턴 등 다양한 조명 파라미터를 세밀하게 조정할 수 있다. 이를 통해 단순한 조명 스위치 기능을 넘어, [그림-21]과 같이 분위기와 음악 타이밍에 맞는 연출을 정밀하게 구현할 수 있으며, 공연 예술, 전시, 공간 연출에서 핵심적인 장치로 사용되고 있다.

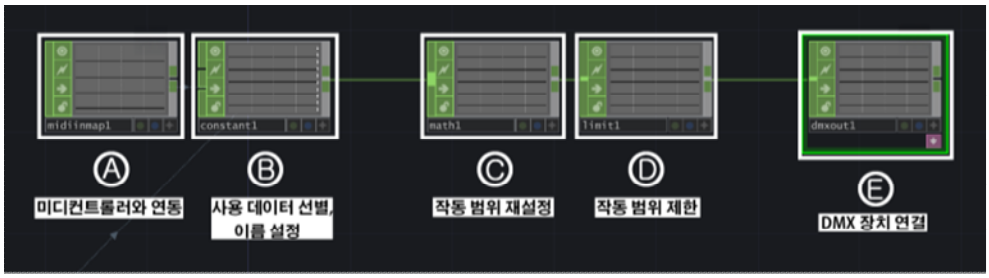
[그림-21] DMX 조명기 활용 예시[23)]

본 작품에서는 터치디자이너의 dmx out CHOP을 통해 DMX 조명기의 컬러 조명과 무빙라이트, 레이저, 섬광 효과 등을 사용하여 음악과 영상의 분위기에 맞춰 수동 조작하였다.

[그림-22]는 DMX 조명기를 조작하는 터치디자이너 패치의 시스템 플로우이다. 간략하게 설명하자면, 서보모터 컨트롤과 마찬가지로 Ⓑ의 constant CHOP에서

23) 본 이미지는 OpenAI 사의 ChatGPT를 사용하여 제작되었음.

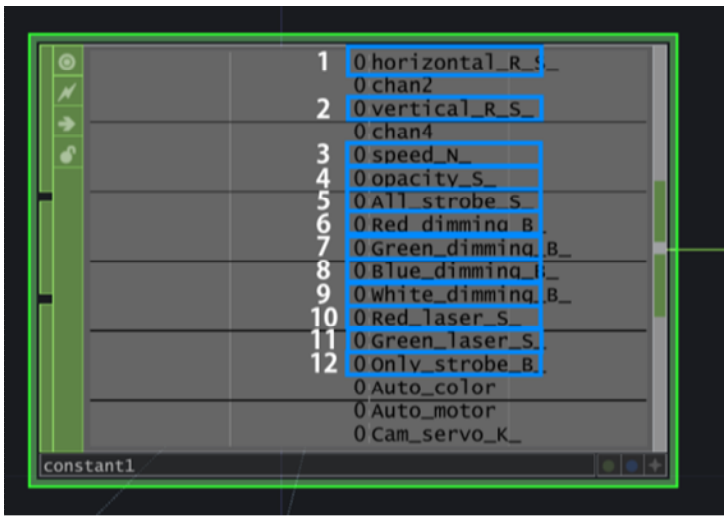
DMX 조명기로 조작하고자 하는 항목들을 생성해서 이름을 지정해주고 ©의 math CHOP에서 작동값의 범위를 재설정해준다. ⓓ의 limit CHOP을 통해 수치가 작동 범위를 넘지 않도록 해준다. 그리고 Ⓔ의 dmx out CHOP에서 조명기에 해당하는 디바이스를 잡아주고, limit CHOP을 거친 최종 데이터를 조명기 디바이스 작동값에 연동하였다. Ⓐ의 midi in map CHOP에서 미디컨트롤러를 통해 DMX 조명기를 제어한다. 자세한 설명은 아래에서 하겠다.



[그림-22] DMX 컨트롤 시스템 플로우

-Ⓑ 사용 데이터 선별, 이름 설정

[그림-23]을 보면 constant CHOP에 DMX 조명기에서 사용할 항목들을 조명기의 회전, 색상, 효과로 구분해서 생성하였다.



[그림-23] DMX 사용 항목 설정

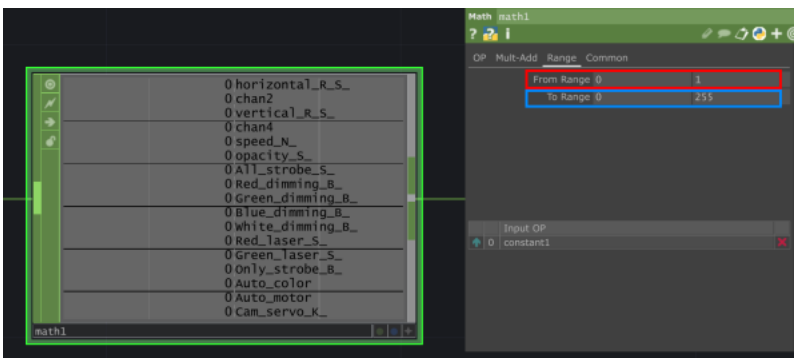
각 항목의 설명은 <표-5>를 참고.

<표-5> DMX 조명기 사용 항목 설명

	항목 이름	설명
1	horizontal	수평방향으로 회전
2	vertical	수직방향으로 회전
3	speed	회전의 빠르기
4	opacity	색상의 밝기
5	all strobe	빨강, 초록, 파랑, 하양 조명의 섬광
6	red dimming	빨강 조명의 밝기
7	green dimming	초록 조명의 밝기
8	blue dimming	파랑 조명의 밝기
9	white dimming	하양 조명의 밝기
10	red laser	빨강 레이저의 밝기
11	green laser	초록 레이저의 밝기
12	only strobe	하양 조명의 섬광

-© 작동 범위 재설정

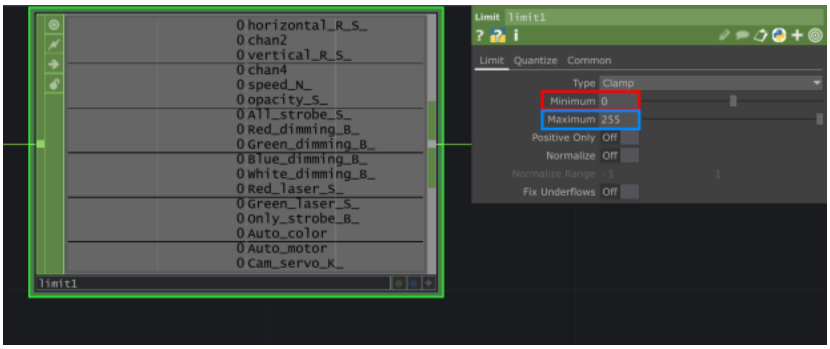
서보모터와 마찬가지로, [그림-24]와 같이 math CHOP에서 0-1로 되어 있는 기본값을 DMX 조명기가 받는 신호 범위인 0-255 값으로 재설정 해 준다.



[그림-24] math CHOP 설정

-Ⓓ 작동 범위 제한

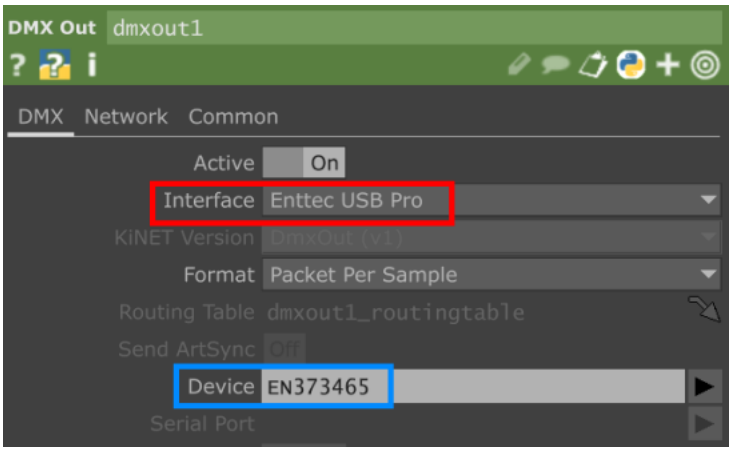
조명기가 신호를 받을 때 0에서 255의 범위를 벗어나면 오류가 날 수 있기 때문에 [그림-25]와 같이 limit CHOP에서 최소, 최댓값을 0, 255로 설정해준다.



[그림-25] limit CHOP 설정

-Ⓔ DMX 장치 연결

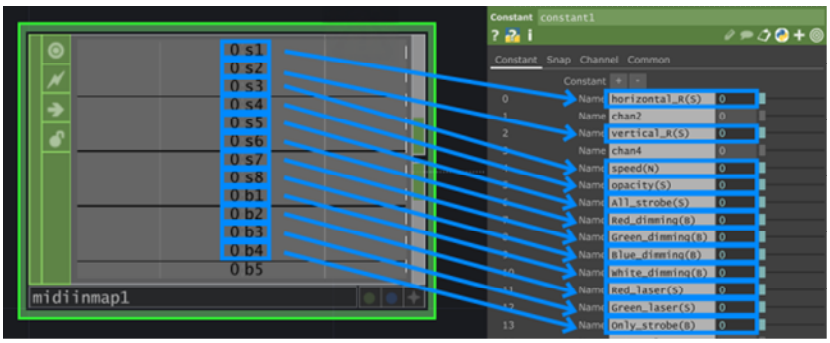
[그림-26]을 보면 dmx out CHOP에서 컴퓨터로 DMX 조명기를 조작할 수 있게 해주는 장비인 Enttec USB Pro를 선택해주고, 조명기의 디바이스 이름을 선택하면 조명기가 연동된다.



[그림-26] dmx out CHOP 설정

-Ⓐ 미디컨트롤러와 연동

midi in map CHOP에서 컴퓨터와 연결 되어있는 미디컨트롤러를 잡아준 다음, [그림-27]과 같이 constant CHOP에서 생성한 항목들과 연동한다. 컨트롤러의 슬라이더(slider), 노브(knob), 버튼(button) 등을 통해 제어한다.



[그림-27] midi in map CHOP과 constant CHOP의 연동

6. OSC 통신을 통한 영상과 음악 제어

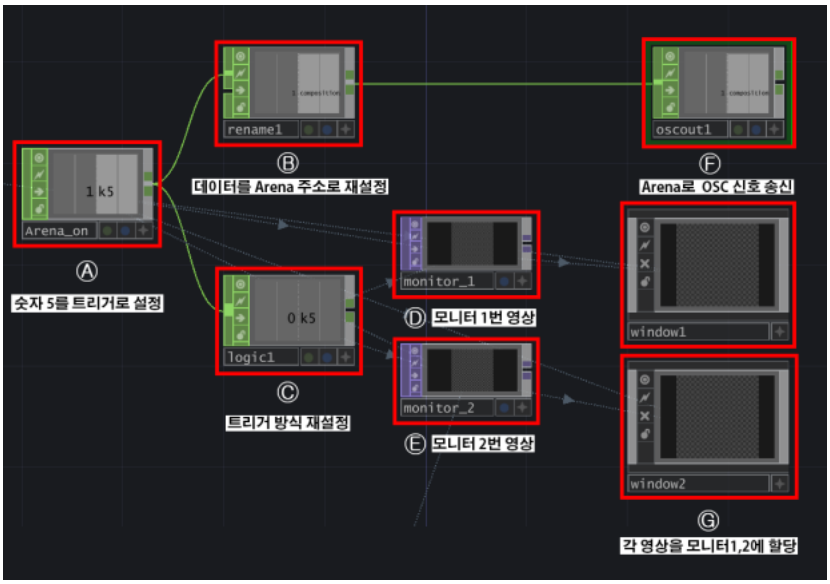
[그림-28]을 보면 본 작업에서는 대형 스크린과 셋업월에 투사되는 메인 영상을 타이밍에 맞춰 재생하기 위해 OSC통신[24]을 통해 레졸룸 아레나(Resolume Arena)[25]와 터치디자이너(TouchDesigner)를 연동한다.

[그림-28] OSC통신 시스템 플로우

[그림-29]는 메인영상과 모니터 2대에 송출될 서브영상 2개를 동시에 재생하는 시스템 플로우이다. 간략하게 설명하면, Ⓐ의 keyboard in CHOP에서 숫자5를 트리거값으로 설정한다. Ⓑ rename CHOP에서 받은 데이터를 arena상에서 OSC 통신으로 수신할 수 있는 주소형식으로 바꿔준다. Ⓕ의 osc out CHOP를 통해 rename CHOP으로 바꾼 데이터를 arena로 보낸다. 동시에 Ⓒ에서 logic CHOP를 통해 트리거를 스위치 온오프(on/off) 방식으로 바꿔준다. Ⓓ, Ⓔ의 movie file in TOP[26]에 모니터 1, 2에 송출될 영상을 각각 넣어준다. Ⓖ의 window COMP[27]를 통해 모니터1, 2의 장치와 연결한다.

---

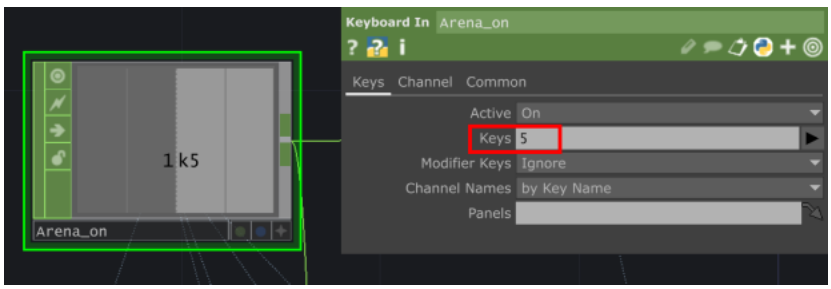
24) OSC(Open Sound Control). 미디어 기기 간의 통신을 위해 설계된 네트워크 프로토콜. 주로 사운드, 비주얼, 센서 데이터 등을 주고받을 때 사용.
25) VJ(Visual Jockey), 프로젝션 맵핑 등에 사용하는 비디오 퍼포먼스 소프트웨어.
26) Texture Operators의 줄임말.
27) Component operator의 줄임말.



[그림-29] 메인 영상, 서브 영상 재생 시스템 플로우

-Ⓐ 숫자 5를 트리거로 설정

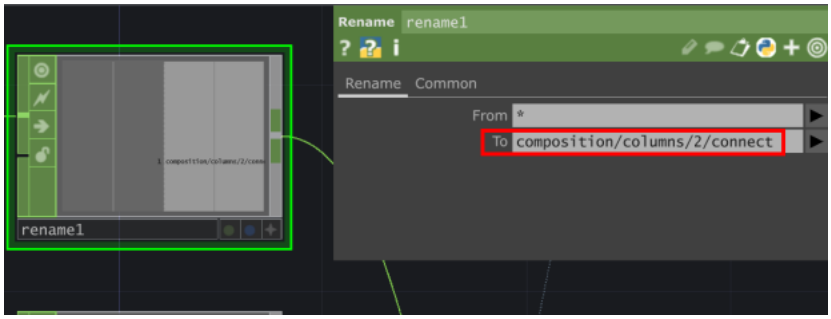
[그림-30]을 보면 keyboard in CHOP에서 숫자 5를 트리거 값으로 설정한 것을 볼 수 있다. 숫자 5를 누르는 동시에 rename CHOP과 logic CHOP를 통해 3개의 영상이 플레이 되도록 하였다.



[그림-30] Keyboard in CHOP 설정

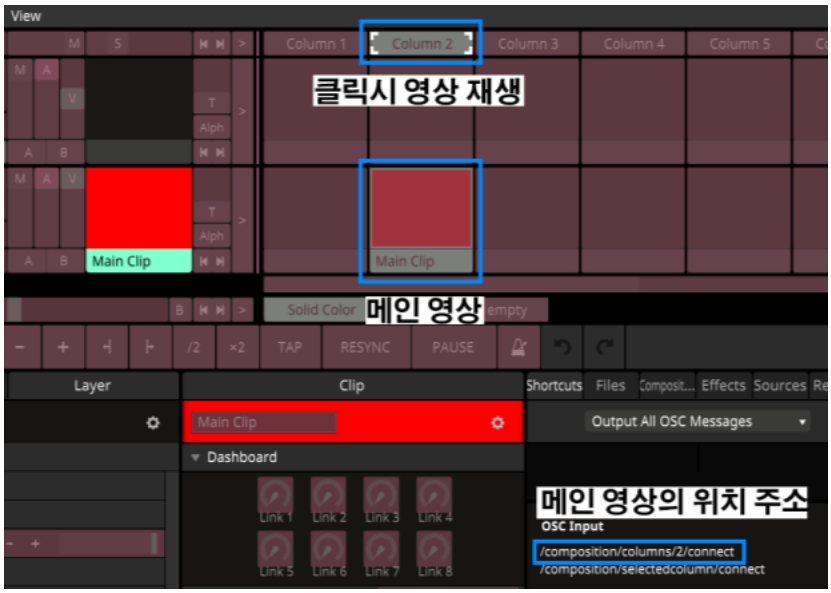
-Ⓑ 데이터를 Arena 주소로 재설정

rename CHOP에서 아레나에 있는 메인 영상을 플레이하기 위해 [그림-31]과 같이 영상 클립의 위치 주소인 composition/columns/2/connect를 입력하였다.



[그림-31] rename CHOP 설정

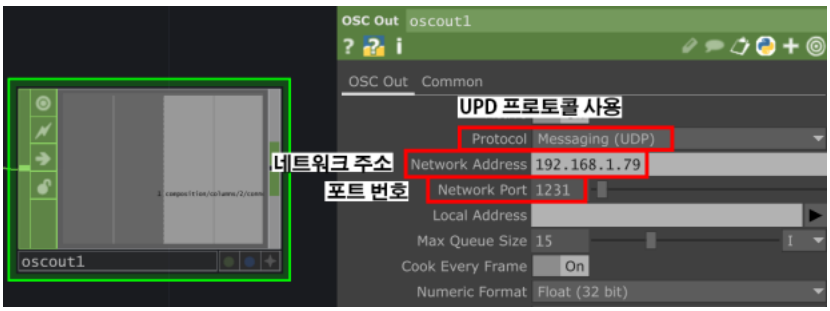
[그림-32]와 같이 위치 주소는 아레나 상에서 메인 영상 클립의 위치에 해당하는 주소이다.



[그림-32] Resolume Arena에 있는 메인 영상의 OSC통신 주소 확인

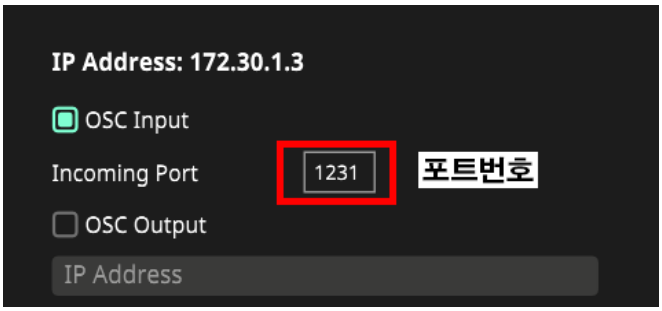
-Ⓕ Arena로 OSC 신호 송신

osc out CHOP를 통해 아레나로 OSC신호를 보낸다. OSC는 UDP[28]기반의 프로토콜이다. osc out CHOP의 네트워크 주소와 포트(port) 항목은 [그림-33]처럼 아레나가 실행되고 있는 PC의 네트워크 주소인 192.168.1.79를 입력 해주었고, 포트번호는 1231로 고유번호를 지정해주었다.



[그림-33] osc out CHOP 설정

포트번호는 [그림-34]와 같이 아레나 포트번호와 일치시켜야한다.

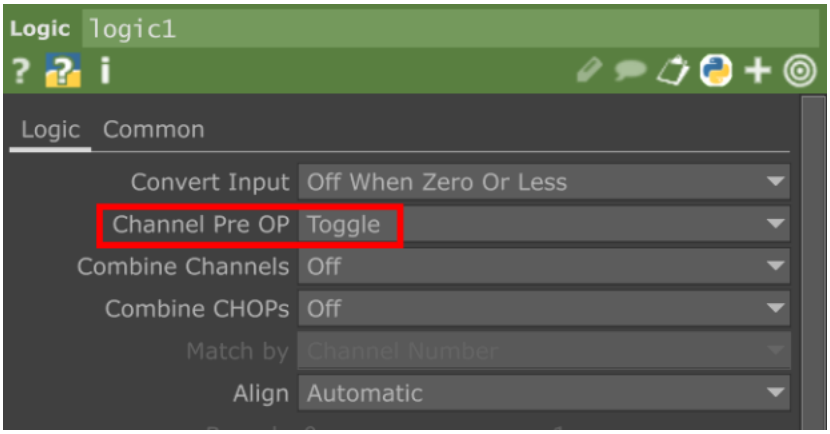


[그림-34] Resolume Arena의 OSC 통신 포트번호 설정

28) User Datagram Protocol. 인터넷에서 데이터를 빠르게 주고받기 위한 전송 프로토콜.

-© 트리거 방식 재설정

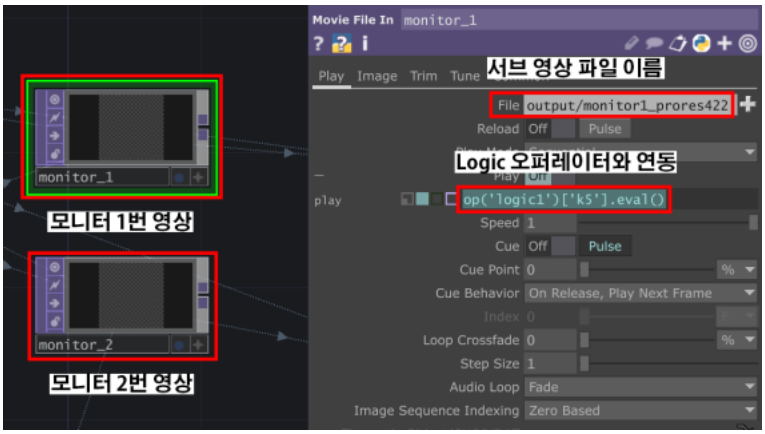
[그림-35]에서 logic CHOP을 통해 피아노 방식 트리거[29]를 토글(toggle)[30]로 바꿔준다.



[그림-35] logic CHOP 설정

-Ⓓ 모니터 1번 영상, Ⓔ 모니터 2번 영상

[그림-36]처럼 movie file in TOP에서 모니터 1, 2에 해당하는 서브 영상 파일을 각각 입력해주었고, logic CHOP에서 오는 신호를 재생 버튼에 연동하였다.

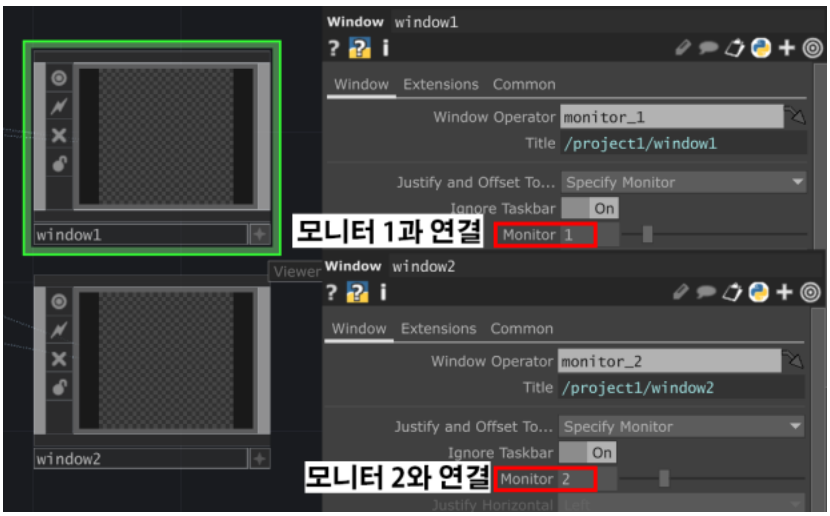


[그림-36] movie file in TOP 설정

29) 피아노처럼 버튼을 누른 상태일 때만 작동.
30) on/off 스위치 등. 두 가지 상태를 번갈아 전환하는 기능.

-Ⓖ 각 영상을 모니터 1, 2에 할당

window COMP에서는 모니터 2대를 각각 연결하여 [그림-37]과 같이 모니터 1번과 2번을 송출 장치로 설정하였다.

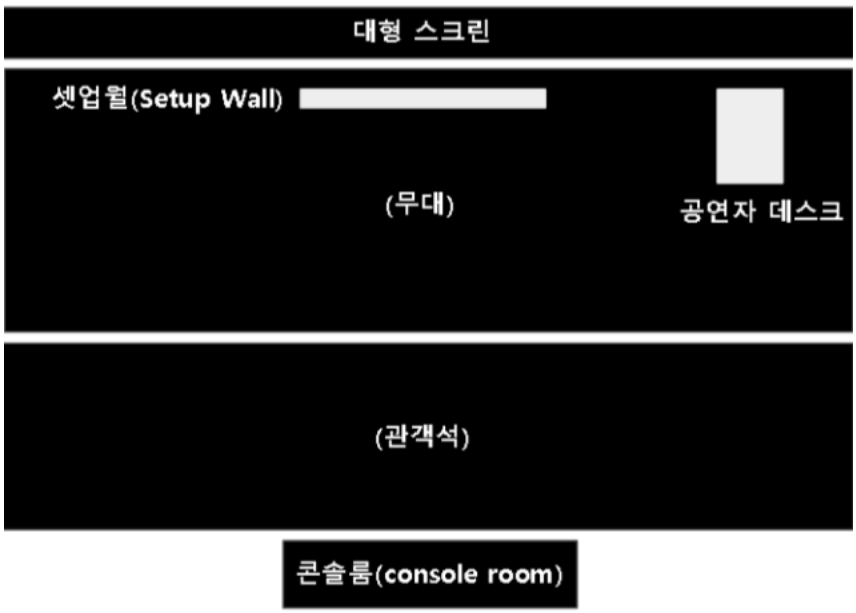


[그림-37] window COMP 설정

III. 연구 기술의 작품 적용

1. 공연 구조물 제작 및 시스템 설계

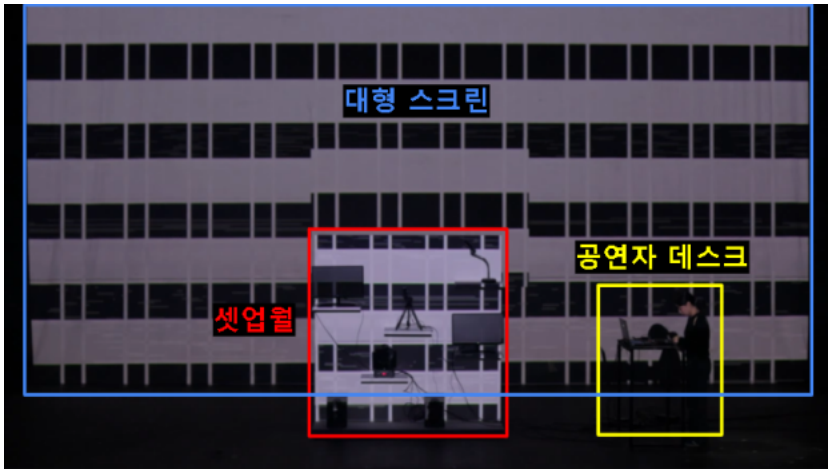
공연 무대의 배치는 [그림-38]과 같다. 셋업월을 무대의 중앙에서 대형 스크린 쪽에 가깝게 배치하였다. 공연자 데스크는 측면에 두어서 셋업월의 장비를 제어할 수 있도록 하였다. 대형 스크린과 셋업월을 맵핑하는 프로젝터는 관객석 뒤쪽 콘솔룸(console room)[31]에 두었다.



[그림-38] 공연장 시스템 배치

31) 공연장에서 공연장비를 컨트롤하는 장소.

[그림-39]는 관객석에서 바라본 실제 공연 무대 전경이다.

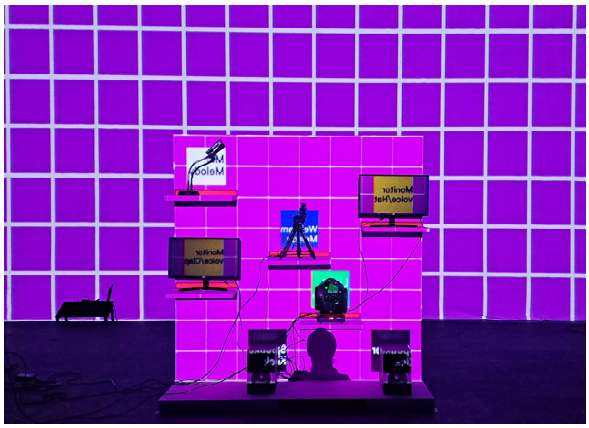


[그림-39] 실제 공연 무대 전경

[그림-40]은 완성된 셋업월의 모습이다. 최상단에서부터 마이크, 모니터1, 중계 카메라 오브제, 모니터2, DMX 조명기, 스피커 1조를 각 구역에 맞게 배치하였고, 마이크와 스피커는 장비라는 의미를 지닌 오브제의 역할만을 부여하여 전원 연결을 하지 않았다.

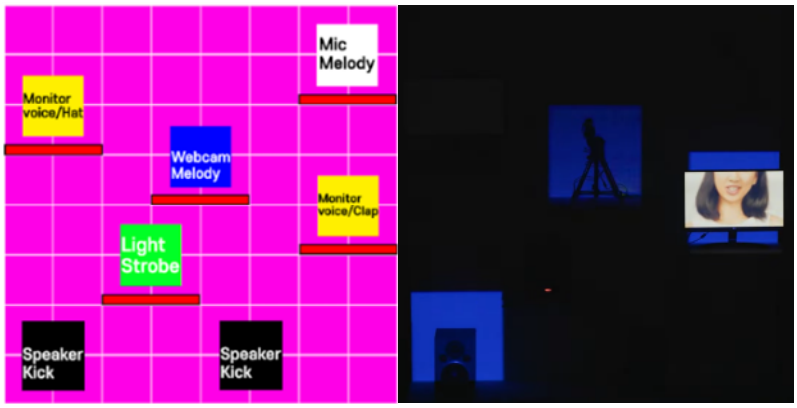
[그림-40] 공연에서 사용된 셋업월

[그림-41]은 프로젝션 맵핑을 통해 대형 스크린과 셋업월에 프로젝션 맵핑 가이드 이미지를 투사한 모습이다. 스크린과 셋업월 이미지를 각각 다르게 제작하여 투사 구역을 시각적으로 구분하였고, 장비가 각 구역에 알맞게 배치되었는지 한눈에 알 수 있도록 하였다.



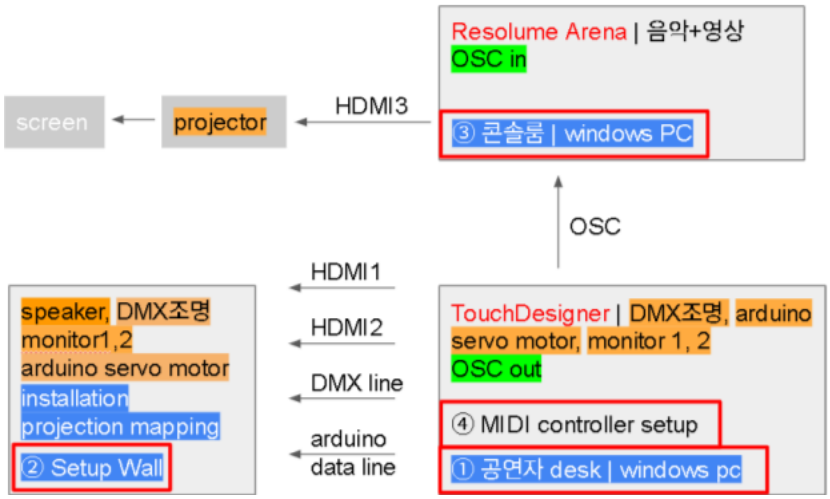
[그림-41] 가이드 파일 맵핑

[그림-42]를 통해 프로젝션 맵핑을 이용하여 영상이 재생되고 있을 때 장비가 배치되어있는 공간에 해당하는 격자에만 사각형 도형이 움직이는 효과를 확인할 수 있다.



[그림-42] 가이드 파일과 실제 영상의 맵핑 비교

공연 테크니컬라이더(technical rider)[32]는 [그림-43]과 같다. PC 2대를 각각 공연자 데스크와 콘솔룸에 배치했다. 공연자 데스크의 PC에서는 셋업월에 있는 아두이노 서보모터와 DMX 조명기, 모니터 2대를 터치디자이너를 통해 제어하고, 동시에 콘솔룸 PC의 아레나에 OSC신호를 보내서 영상과 음악을 제어한다.



[그림-43] 공연 테크니컬 라이더

32) 공연을 위해 필요한 기술적인 요구 사항을 담고 있는 문서.

2. 미디컨트롤러 맵핑을 통한 DMX 조명기 조작

DMX 조명기 수동 제어는 [그림-44]와 같은 미디컨트롤러를 사용하였다. 컨트롤러는 슬라이더(slider), 노브(nob), 버튼(button)으로 구성되어있다. 슬라이더에는 DMX 조명기의 수평 방향과 수직 방향 회전을 각각 맵핑해주었고, 그린 컬러, 레드 컬러 레이저, 화이트 컬러 조명을 슬라이더에 맵핑하여 각각 밝기를 조절할 수 있게 하였다. 레드, 그린, 블루 조명은 버튼에 맵핑하여 버튼을 누르고 있는 동안에만 조명이 출력되도록 하였다. 노브에 화이트 컬러 조명 출력 주기를 조절할 수 있게 하여, 섬광 효과로 사용하였다.

[그림-44] 공연에서 사용한 Novation Launch Control XL의 미디 맵핑

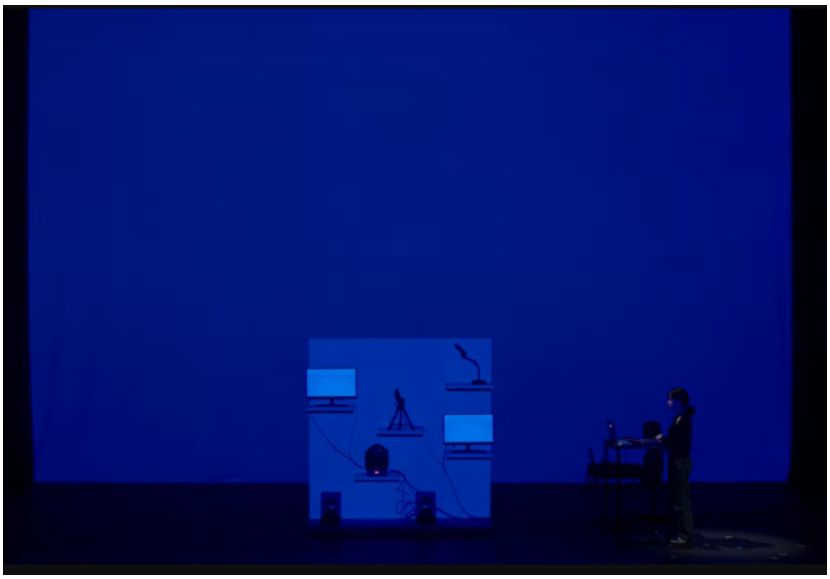
3. 작품 파트별 기술 적용

<표-6> 작품 파트별 설명

구성	intro	part 1	part 2
시간	0:00~00:30	00:30~03:59	03:52~04:49
음원	<Marie Davidson_work it(Soulwax Remix)>	<Soul of Man_Dirty Waltzer>	<Kyle Watson_The reason(Extended Mix)>
영상	blue screen	blue screen, 입모양	no signal tv screen
조명	없음	컬러 조명. 블루	컬러 조명. 블루, 레드, 그린
내용	장비의 입력신호가 없는 상태이다.	웹캠, 마이크, 모니터, 스피커 조명이 순차적으로 작동한다.	모든 장비들이 알맞게 연동되어 작동하며, 분위기가 전환된다.
구성	part 3	part 4	outro
시간	04:49~05:50	05:50~07:55	07:55~08:05
음원	RDNK_No Number Yet		
영상	bad tv noise, white line	bad tv noise, led noise line	blue screen
조명	컬러 조명. 화이트	레이저. 그린, 레드	없음
내용	장비의 작동이 점차 과열된다.	장비들이 작동이 점점 과열되고 빨라지며 고장난다.	장비가 꺼져서 다시 입력신호가 없는 상태이다.

① intro 설명

[그림-45]를 보면 프로젝터로 스크린과 셋업월에 투사하는 메인 영상의 첫 시작을 블랙이 아닌 블루스크린 이미지로 하여, 전원이 꺼진 상태의 입력신호가 없는 영상 장비를 보여주고자 하였다. 동시에 모니터 2대에 블루스크린을 송출하고, 조명기와 스피커, 마이크, 웹캠의 움직임이 없이 모든 장비의 입력이 없는 상태를 나타내었다.



[그림-45] 장비들의 입력이 없는 상태를 나타내는 프로젝션 맵핑 영상

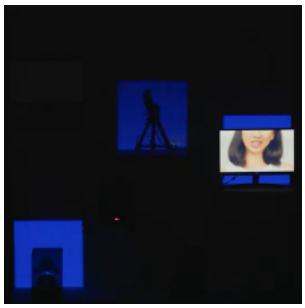
<표-7> intro 장비 사용 효과

사용 장비	해당 역할	아웃풋
프로젝터	메인 영상 송출	블루스크린
모니터	서브 영상 송출	블루스크린

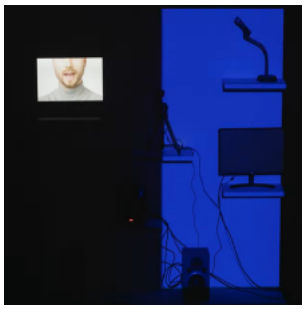
② part1 설명

part1에서는 [그림-46]과 같이 중계카메라 오브제의 서보모터가 음악의 드럼 박자에 맞춰 작동하기 시작하는 모습을 보여주었다. 화면을 꽉 채웠던 블루스크린은 구간이 나뉘어 작동하고 있는 각 장비를 비추고 있으며, 모니터 1과 2에서는 음악의 가사가 나오는 타이밍에 그에 맞는 입모양 영상이 송출되는 것을 [그림-47], [그림-48]에서 확인할 수 있다.

[그림-46] 서보모터 작동



[그림-47] 모니터2 작동



[그림-48] 모니터1 작동

<표-8> part1 장비 사용 효과

사용 장비	해당 역할	아웃풋
프로젝터	메인 영상 송출	블루스크린
모니터	서브 영상 송출	블루스크린
중계카메라	카메라 좌우 회전	카메라 좌우 회전

③ part2 설명

part2에서는 음악이 고조되며, 장비들의 협동을 보여주었다. 맵핑된 영상의 블루스크린이 노시그널 RGB스크린으로 바뀌고 셋업월에만 투사되었던 영상이 전체 스크린으로 확대된다. [그림-49]를 보면 동시에 계속 블루 컬러로 단색이였던 DMX 조명기의 컬러가 영상 컬러에 맞춰 RGB로 바뀐다.

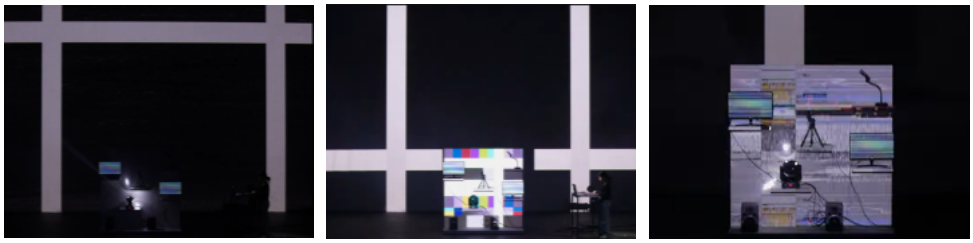
[그림-49] 프로젝터 영상과 DMX 조명 컬러 연동

<표-9> part2 장비 사용 효과

사용 장비	해당 역할	아웃풋
프로젝터	메인 영상 송출	노시그널 RGB 영상
모니터	서브 영상 송출	블랙
중계카메라	카메라 좌우 회전	카메라 좌우 회전
DMX 조명기	컬러조명, 레이저	레드, 그린, 블루 컬러 출력

④ part3 설명

part3에서는 이전과 마찬가지로 장비들의 협업을 보여주었다. [그림-50]을 보면 영상과 조명의 연동으로 영상의 컬러에 맞춰 조명기의 컬러도 화이트로 바뀐다. 동시에 격자 도형의 움직임에 맞춰서 조명기가 수직, 수평 방향으로 회전한다. 그리고 장비의 작동이 점차 과열되며 셋업 월 영상과 모니터1과 2에 노이즈 소스를 송출하였다.



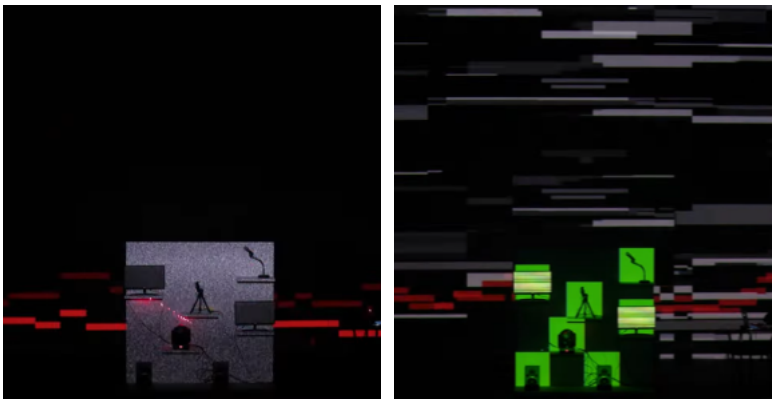
[그림-50] 영상과 조명의 컬러와 움직임 연동

<표-10> part3 장비 사용 효과

사용 장비	해당 역할	아웃풋
프로젝터	메인 영상 송출	화이트 컬러 격자 도형 영상
모니터	서브 영상 송출	노이즈 영상
중계카메라	카메라 좌우 회전	카메라 좌우 회전
DMX 조명기	컬러조명, 레이저	화이트 컬러 조명 출력

⑤ part4 설명

part4에서는 상승하는 느낌의 리드사운드와 함께 장비들이 작동이 격해지며 점점 과열되고 빨라지며, 고장이 나는 과정을 표현하였다. [그림-51]에서는 상승 사운드에 맞춰 영상에 나오는 레드 노이즈 라인 효과와 함께 DMX 조명기에서 레드 컬러 레이저가 출력된다. 동시에 장비의 에러를 의미하는 노이즈 소스가 프로젝터 영상에서 송출된다.



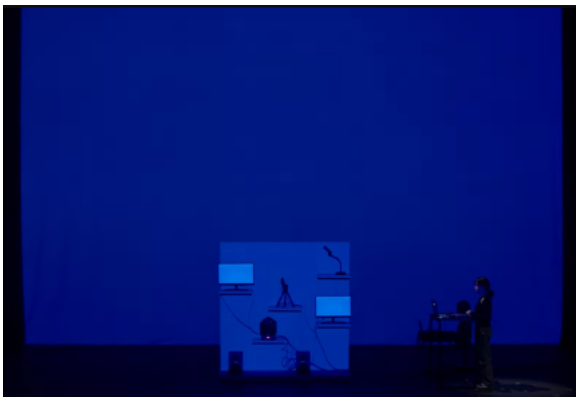
[그림-51] 영상과 조명의 효과 연동

<표-11> part4 장비 사용 효과

사용 장비	해당 역할	아웃풋
프로젝터	메인 영상 송출	노이즈 영상
모니터	서브 영상 송출	노이즈, 글리치 영상
중계카메라	카메라 좌우 회전	카메라 좌우 회전
DMX 조명기	컬러조명, 레이저	레드 컬러 레이저 출력

⑥ outro 설명

outro는 장비들이 모두 꺼져서 작동을 멈추고, 다시 블루스크린 화면으로 끝이 난다. [그림-52]



[그림-52] 장비들의 입력이 없는 상태를 나타내는 프로젝션 맵핑 영상

<표-12> outro 장비 사용 효과

사용 장비	해당 역할	아웃풋
프로젝터	메인 영상 송출	블루스크린
모니터	서브 영상 송출	블루스크린

Ⅳ. 결론

본 논문은 프로젝션 맵핑을 활용하여 영상을 무대 연출과 구조물에 맞춰 송출하고, DMX 조명기, 중계카메라 오브제 역할을 하는 아두이노 서보모터를 실시간으로 제어함으로써, 공연 장비 자체의 움직임과 역할을 주인공으로 내세우고자 하는 작품 <Interface>에 관한 연구이다.

본 논문에서는 작품의 예술적 효과를 위해 기술적인 연구를 시도하였다. 첫째로, Resolume Arena를 활용한 프로젝션 맵핑을 통해 정적인 무대 장비에 시각적 리듬감을 부여했다. 스피커, 모니터, 마이크 등 고정된 오브제의 위치와 역할에 맞춰 제작된 영상은 음악의 구성과 결합하여, 장비들이 음악에 맞춰 주체적으로 움직이는 듯한 시청각적 의미를 부여하였다.

둘째로, TouchDesigner와 Arduino를 통한 하드웨어의 제어는 기계 장치를 능동적인 퍼포머로 변화시켰다. 미디 컨트롤러를 통해 영상과 음악의 타임라인에 맞춰 서보모터와 조명의 작동에 실시간으로 개입함으로써 기계적 작동을 유기적인 움직임으로 볼 수 있게 하였다. 이러한 기술적 연구는 관객에게 시청각적 몰입감을 주는 중요한 장치로 작용하였다.

본 작품은 셋업월이라는 가벽 구조물을 제작, 설치하여 공연 장비들의 작동과 협업을 관객이 눈으로 확인할 수 있도록 의도하였다. 그러나, 관객들에게 구조물 위에 배치되어있는 공연 장비들이, 공연자로서 역동적인 움직임을 보여주고 있다는 인식을 주는 것에는 한계가 있었다. 그 이유는 다음과 같다.

먼저 DMX 조명기와 중계카메라 이외의 장비인 모니터, 스피커, 마이크는 물리적인 움직임을 확인할 수 없는 장치이다. 때문에 관객은 각 장비의 작동을 눈으로 확인할 방법이 없다. 이를 보완할 방법으로는, 작동을 실시간으로 볼 수 있는 시각적 지표를 동시에 송출하거나, 키네틱 요소를 장비의 외관에 추가하는 연구가 필요하다. 그리고 서보모터의 회전각의 작동 키를 수동 조작했을 때 모터가

작동하는 타이밍과 음원과의 오차가 발생하였다. 음원의 타임라인 특정 지점에 정확히 반응하는 큐 시스템을 제작하는 것으로 '작동큐에 맞춰서 일제히 움직이는' 장비를 더 효과적으로 보여줄 수 있을 것이다.

결과적으로 본 연구는 백스테이지의 공연 장비와 스태프의 관계, 그리고 그들의 협업을 조명하고자 했다. 기술적 연구를 통해 이들을 단순한 수단이 아닌 무대의 목적으로 관객 앞에 내세움으로써, <Interface>가 전달하고자 하는 보이지 않는 것, 주목받지 못하는 것들의 주체화라는 메시지를 효과적으로 전달할 수 있었다.

Keyword(검색어)
컴퓨터음악(computer music), 소리시각화(sound visualization),
오디오비주얼(audio visual), 미디어아트(media art),
인터랙티브 멀티미디어 음악(interactive multimedia music), touchdesigner, resolume arena

E-mail: csi78952@naver.com

참 고 문 헌

1. 단행본

- 이관규, 「be sound be visionary TouchDesigner Guide」(be sound be visionary, 2023)

- Bob Katz,「Mastering Audio the art and the science, third edition」, (Focal Press, 2007)

- Curtis Roads, 「The Computer for music」, (MIT Press, 1996)

- Davide Santini, 「TouchDesigner Introduction to GLSL」, (Independently published, 2020)

2. 논문

- 김연호, 「인터페이스 DIMENSION을 이용한 인터랙티브 멀티미디어 작품 제작 연구」(동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2024)

- 김지혜, 「적외선 멀티 블롭 트래킹을 이용한 인터랙티브 멀티미디어 작품 제작」(동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2013)

- 오이링, 「베이스기타의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한 인터랙티브 멀티미디어 작품 제작 연구」(동국대학교 영상대학원

멀티미디어학과, 2023)

- 조환희, 「베이스 트롬본과 피아노의 실시간 사운드 프로세싱을 이용한 멀티미디어작품 제작 연구」 (동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과, 2018)

3. 웹사이트

- Arduino: https://www.arduino.cc/

- Resolume Arena: https://www.resolume.com/

- TouchDesigner: https://derivative.ca/

ABSTRACT

A Study on the Production of Media Art Performance Using Projection Mapping

-Focusing on the Media Art Work <Interface>-

Yu, Da Hye

Department of Multimedia
Graduate School of Digital Image and Contents
Dongguk University

This thesis discusses the media art performance <Interface>, which was conceived from an attempt to position technical equipment —typically relegated to the background—as the central protagonist of the stage through projection mapping.

Contemporary performances, such as concerts and festivals, are characterized by transient collectives of specialized technical personnel who gather temporarily under a standardized structural framework and disperse upon completion. The researcher views this mode of collaboration as a massive, orchestrated system. Particular

attention is paid to the field dynamics where deep interpersonal communication is often omitted in favor of mechanical collaboration focused on equipment manipulation, observing the inherent efficiency and clarity of this process with critical interest.

Based on these relational dynamics, the equipment was elevated to the role of the protagonist to intuitively manifest the instruments constituting the performance and the staff operating them. This work transcends a mere depiction of the staff's labor; it seeks to present the physical form of the equipment—beyond its functional utility—as the performance itself, serving as an interface bridging the performance and the audience.

To achieve this, a custom-fabricated false wall, designated as the "Setup Wall," was constructed to arrange the performance equipment on stage. Visual direction was executed using projection mapping, casting imagery onto both the venue's large frontal screen and the Setup Wall. The staging effectively synchronized the projection-mapped visuals with the mechanical movements of the equipment, choreographed to the musical rhythm.