

라이브 프로젝션 매핑 공연을 위한 실시간 VJing 시스템 구현

Implementation of Real-time VJing System for Live Projection Mapping Performance

노선, 이재중, 박진완
중앙대학교 첨단영상대학원

Seon Noh(nsun2@naver.com), Jaejoong Lee(only104@naver.com),
Jin Wan Park(jinpark@cau.ac.kr)

요약

현대의 디스플레이는 스마트폰과 같은 소형기기, TV, 프로젝터 등에 다양하게 적용되고 있으며, 빠른 속도로 발전하고 있다. 그중 LDP, VCR, PC, DVD 등의 영상기기들에 연결하여 스크린에 이미지를 비추는 프로젝터는 다른 디스플레이 기기들과 비교하면 상대적으로 큰 화면을 표현할 수 있는 특징 때문에 영화관, 전시장 등에서 폭넓게 활용되고 있다. 프로젝터의 이러한 특징은 예술분야에서 프로젝션 매핑이라는 새로운 형식의 표현 기법을 탄생시켰으며, 프로젝션 매핑은 다양한 형태의 면을 스크린으로 사용하며, 현대에 들어 공연의 무대장치로까지 널리 활용되고 있다. 그러나 이와는 다르게 공연에서의 프로젝션 매핑 기법은 공간상의 한계점을 갖고 있다. 본 연구에서는 이러한 제약사항을 보완할 수 있는 프로젝션 매핑 공연을 위한 새로운 형태의 공연 시스템을 제안하며, 실제 공연에서의 활용 결과를 논의해 봄으로써, 공연에서의 프로젝션 매핑의 활용 가능성을 높이고자 한다.

■ 중심어 : | 프로젝션 매핑 | 공연 | 실시간 | 브이제잉 시스템 | 이펙트 |

Abstract

In these days, small devices like smartphones, TV, and projectors are popular, and they are being developed rapidly. The projector is being used in cinema and exhibition because it makes a big screen. This feature makes new expression named projection-mapping in art world. Projection-mapping is being utilized extensively in stages of performances, and it use variety of shape's screens. But projection-mapping has limitation in space. So in this paper, we propose new performance system for projection-mapping and it make possible to overcome many difficulties. Also, we discuss the result of using the system in actual performance. We hope to develop the utilization of projection-mapping in performance.

■ keyword : | Projection Mapping | Performance | Real-time | VJing System | Effect |

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

현대의 디스플레이 기술은 소형기기에서부터 대형

3D TV까지 다양한 분야에서 사용되고 있으며, 그 활용 범위를 점차 넓혀가고 있다. 예전의 브라운관 방식의 작은 디스플레이가 이제는 평면 화면에 적용되었던 LCD, PDP 넘어 OLED를 이용한 플렉시블(Flexible) 디

스플레이 제품으로까지 구현할 수 있게 되었다.

그중 LDP, VCR, PC, DVD 등의 영상기기들에 연결하여 스크린에 이미지를 비추는 프로젝터(Projector)는 다른 디스플레이 기기들과 비교하면 상대적으로 큰 화면을 표현할 수 있는 특징 때문에 영화관, 전시장 등에서 폭넓게 활용되고 있다. 또한, 프로젝터의 스크린(투사면)에 변환을 주어 작업에 활용하는 프로젝션 매핑은 2000년대 중반 유럽을 중심으로 시작되어 예술분야에 사용되고 있다[1].

프로젝션 매핑은 작은 오브젝트부터 대형건물물까지 스크린을 확장할 수 있는 장점 때문에 사각형이라는 고정관념에서 벗어나 다양한 형태의 면을 스크린으로 사용하고 있으며, 입체적인 사물의 표면까지 스크린으로 활용하여, 초기의 간단한 박스 형태에서 현재의 복잡한 건축물, 자동차의 곡면에 이르기까지 다양한 오브제를 스크린의 대상으로 삼고 있다[2]. 이 때문에 현대에 들어 공연이나 연극에는 무대장치를 통하여 표현의 한계를 넘어서 수 있는 프로젝션 매핑의 장점을 적극 활용하고 있다.

일반적으로 공연에서 프로젝션 매핑이 사용될 때에는 빔 프로젝터로 현실의 사물, 공연자, 공연장의 배경(평면스크린이나 벽)의 모양으로 제작된 영상을 투사하는 방식을 이용하고 있다. 그러나 이러한 프로젝션 매핑 기술은 다음의 한계점을 갖는다.

첫째, 공연하는 경우 음악에 맞춰 준비된 그래픽 영상에 배우나 연극자가 연습해야 하는 시간이 요구된다. 이 방식은 콘텐츠 제작에 많은 시간을 할애하기 어려운 공연 사정에서는 활용하기 어렵다는 단점이 있다[3].

둘째, 비주얼 자키(Visual Jockey)의 VJing으로 진행되어 그 당시의 상황에 맞춰 실시간 적이고 즉흥적으로 영상클립(Movie Clip)이나 스틸 이미지(Still Image)를 사용하는 공연기법이 프로젝션 매핑 공연에서 활용되고 있다. 그러나 이 경우에는 피사체(被寫體)에 투사되는 이미지를 다른 공연에서 재사용하고자 할 때 그 모양이나 크기가 다르므로 사용할 수 없다는 단점이 있다.

본 연구에서는 프로젝션 매핑 공연에 내러티브(Narrative) 요소를 포함하지 않았으므로 공연 특성상 안무에서의 스토리 등 내러티브 요소가 요구되는 첫 번

째는 연구대상에서 제외하였다. 두 번째 한계점인 기존의 라이브 공연에서 VJing을 이용한 프로젝션 매핑 공연 시 나타나는 문제점에 한정하여 해결이 가능한 프로젝션 매핑 기법에 대해 논하고자 한다. 구체적으로는 음악의 빠르기나 장단에 맞춰 사운드(Sound) 시각화가 가능하며, 다른 건물에서도 재사용이 가능하고, 추가적으로 이펙트에 관한 구성 및 확장을 할 수 있는 시스템을 제안한다. 그리고 실제 공연에서 활용해본 결과를 분석하고 그에 따른 한계점을 파악하여, 본 시스템의 개선을 위해 필요한 사항을 제안하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 먼저 기존의 프로젝션 매핑 공연에서 나타나는 공간적 특징을 분석하여 사전 제작된 영상을 사용하는 경우에 나타나는 한계점을 파악한다. 이러한 분석 과정을 통해 본 시스템이 기존과 다른 차별화된 특징을 갖고 있으며, 공간적 제약에서 벗어나 새로운 방식으로 프로젝션 매핑 공연에 적용될 수 있음을 입증한다. 그럼으로써 본 연구의 당위성을 부여하고자 한다.

또한, 본 시스템을 설계하기 위해 기존 공연의 사례 분석 결과 도출되는 대표적인 이펙트를 건물의 구조적 특징을 기준으로 삼아 건물 전체에 사용되는 경우와 부분적으로 사용되는 경우로 분류한다. 그리고 카메라로 촬영된 건물의 구조를 분석한다. 최종적으로 도출된 건물의 구조 및 대표적인 이펙트 정보를 바탕으로 하여 본 시스템을 제작하는 과정을 살펴본 다음 실제 공연에서 시스템의 활용 결과를 분석한다.

II. 프로젝션 매핑과 공연 사례 분석

1. 프로젝션 매핑의 개념

프로젝션 매핑은 건물을 통해 정보를 전달하는 '미디어 파사드'(Media Facade)의 한 방식으로, 건물이나 오브제에 영상을 프로젝션하여 존재하지 않는 일루전(Illusion)을 만들어내는 방법이다. 이러한 효과 때문에 프로젝션 매핑은 존재하지 않는 이미지를 사실적으로 표현함으로써, 현실의 오브제를 새롭게 느끼게 할 수

있다. 그러므로 현대에 들어 공연이나 연극에서 프로젝션 매핑을 적극적으로 활용하고 있다.

공연장에서 프로젝션 매핑을 활용하는 시도는 관객들로 하여금 기존의 공간을 다른 공간으로 인식시킨다. 그래서 프로젝션 매핑은 무대장치로 표현할 수 있는 한계를 넘는 표현방법으로 사용되고 있다. 프로젝션 매핑에서는 보통 현실의 사물, 공연자, 공연장의 배경(평면 스크린이나 벽)과 같은 크기와 형태를 바탕으로 하여 컴퓨터 그래픽으로 제작된 영상이 빔 프로젝터로 투사된다.

2. 라이브 공연에서 VJing을 이용한 프로젝션 매핑 공연 사례 분석

김명우에 따르면 “브이제임은 대중오락 문화로서 클럽, 파티, 이벤트에서 사용되거나 비주얼 아티스트들의 새로운 발상으로 실내의 스크린과 무대를 벗어나 공공 장소와 건축물 등 다양한 표면에 투사하여 특정 공간의 본질을 꿰뚫는 작업이 성행하기도 한다.”라고 특징짓는다[4]. 그러나 기존의 연구 사례에서는 VJing을 이용한 프로젝션 매핑 공연 사례보다는 공연자의 동작과 일치되는 실시간 프로젝션 매핑 공연이 주된 사례로 언급되고 있다[5]. 예외적으로 고은빈이 VJing을 이용한 프로젝션 매핑의 공연 퍼포먼스 활용의 사례로 “Amon Tobin의 ISAM 앨범을 위해 V Squared Labs와 함께 제작을 진행한 프로젝션 매핑 공연 작품”을 언급하였다[6]. 그러나 이 연구에서는 본 사례를 뮤지션과의 협업을 통해 만들어진 실험적이고 창의적인 작품으로 평가하는데 그친다. 반면, 이 사례는 사진 제작된 영상을 사용하였다는 한계를 보여, 다른 장소에서의 활용할 수 없는 것으로 간주된다. 그래서 본 연구에서는 VJing을 이용한 다른 형태의 프로젝션 매핑 공연 가능성을 파악하기 위해 해외 공연의 사례를 중점적으로 분석해 보았다.

첫 번째 사례는 Ghost Pixel Visuals 팀이 미국의 콜로라도(Colorado)주 모리슨(Morrison) 시의 레드록스(Red Rocks) 야외 콘서트장에서 프로젝션 매핑 기법을 사용한 예이다. 이 경우 200피트(Feet) 사암 벽에 90개가 넘는 영상클립이 2시간 30분에 걸쳐 VJing 방식으로

프로젝션 되었다. 공연 4개월 전부터 매핑이 적용되는 피사체에 대한 분석, 3D 테스트 및 프로젝터의 위치와 각도에 따른 애니메이션의 사진 합성과정이 진행되었다[7].



그림 1. Ghost Pixel Projection Mapping Red Rocks

두 번째 사례는 V Squared Labs가 라스베이가스(Las Vegas)에서 열린 3일간의 일렉트로닉(Electronic) 음악 페스티벌 공연(EDC(Electronic Daisy Carnival) 2012)에 3D 프로젝션 매핑 기법을 적용한 예이다. EDC는 미국에서 가장 크고 성공적인 EDM(Electronic Dance Music) 축제 중 하나로[8], 본 공연은 실시간 VJing으로 관객과 높은 상호 작용성을 보였다. 공연의 그래픽 영상은 선과 면, 도형을 이용한 기하학적 패턴을 주요 특징으로 삼는다.



그림 2. EDC 2012: Bassrush Experience

세 번째 사례는 Shpongole[9] 2011 North American Tour에 VJing을 이용한 프로젝션 매핑이 적용된 예이다. 본 공연에는 3D 비디오 매핑을 전문으로 하는 1000 ERRORS 팀이 제작한 애니메이션 영상이 활용되었다. 설치된 DJ 부스(Booth)에 영상이 매핑되어 출력되는데, 구조물의 전체 혹은 부분적인 요소들에 애니메이션 영상이 적용되어 음악에 알맞은 화려하고 신비스런 느낌의 분위기를 연출하고 있다[10].

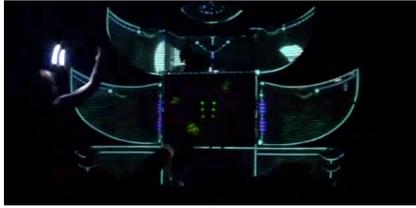


그림 3. Shponggle visual show

그러나 [표 1]에 제시된 것처럼 앞에 설명된 세 가지 사례 및 프로젝션 매핑 공연에 관한 총 12편의 해외 공연 사례를 중심으로 분석한 결과, 모두 사전 제작된 영상(영상 클립, 렌더링 영상)을 프로젝션 매핑 공연에 사용하고 있었다. 그 중 VJing 형태의 공연은 앞에 분석된 세 가지 사례로 한정되며, 실시간으로 그래픽 영상을 수정하기 어려운 한계점이 있다. 사전 제작된 영상은 장소 특정적(Site-specific)이기 때문에 본 공연 이외의 다른 공연 장소 혹은 피사체에는 활용이 불가능하다.

이에 본 연구에서는 사전 제작된 영상을 사용하지 않고, 실시간으로 프로그래밍을 통해 그래픽을 수정할 수 있는 시스템을 제안한다. 이와 함께 건물의 구조적 특징을 바탕으로 건물의 전체 혹은 부분에 적용할 수 있어, 본 공연 이외의 다른 공연 장소 혹은 피사체에서 적용이 가능한 형태의 시스템을 소개한다.

표 1. 라이브 공연에서 프로젝션 매핑 기술이 활용된 사례

순번	공연 내용	영상 구분
1	Shponggle visual show	렌더링 영상
2	Projection mapping at warning 16th birthday	영상 클립
3	Queen's diamond jubilee concert	렌더링 영상
4	EDC 2012: Bassrush Experience	렌더링 영상
5	The X factor - lighting/projection graphics	렌더링 영상
6	Barco large venue HD projectors Enliven super bowl XLVI halftime show	렌더링 영상
7	Beast - fiction, live performance	렌더링 영상
8	The wall tour "Projection Technology"	렌더링 영상
9	Usana tron - AR performance and projection mapping	렌더링 영상
10	Beyonc - run the world, live performances BMA 2011	렌더링 영상
11	Ghost pixel projection mapping red rocks	영상 클립
12	3D Projection mapping, Miss Bulgaria live TV show	렌더링 영상

3. 프로젝션 매핑의 주요 이펙트 분석

황용희는 '3D 프로젝션 매핑 작품에 나타난 그래픽 요소의 유형에 관한 연구'에서 프로젝션 매핑 작품의 그래픽 요소 유형을 배경요소, 내러티브 관련 그래픽 요소, 기하학적 형태의 그래픽 요소로 1차적으로 분류하고 있다[11]. 본 논문에서 제안하는 시스템은 공연의 콘셉트를 고려하지 않기 때문에 내러티브적 측면의 그래픽 요소를 제외한 배경요소, 기하학적 형태의 그래픽 요소를 이펙트에 부분적으로 활용한다. 구체적으로는 선, 면 및 유기체 형태 등을 이용하여, 프로젝션 매핑이 가지는 입체공간에서의 시각적 유희를 주목적으로 그래픽 요소를 구성한다.

본 시스템은 건물의 구조적 특징을 잘 살려 건물의 전체 혹은 부분적 요소로써 적용할 수 있도록 고안되었다. 그래서 배경 요소 및 기하학적 형태의 그래픽 요소(삼각형태, 사각형태, 구형태, 선, 파티클/오일)에서 나타나는 특징을 바탕으로 하여, 건물 전체에 프로젝션 매핑되는 경우와 건물의 부분적 요소로 프로젝션 매핑되는 경우로 이펙트를 분류하였다. 그 결과 도출된 이펙트를 정리하면 [표 2]와 같다. 두 가지 분류 모두 빛을 이용한 조명효과 및 꽃잎, 연기 등을 활용한 파티클(Particle) 효과를 포함한다. 차이점은 건물의 구조물들에 영상이 매핑되는 경우에는 애니메이션 효과에서 패턴이나 색상정보를 가진 객체가 이동하는 단순 동작을 보인다는 것이다. 그러나 건물 전체에 영상이 매핑되는 경우에는 건물 자체가 가진 윤곽선을 활용한 라인(Line) 애니메이션 및 건물이 깨지거나 흔들리는 등의 건물 형상의 왜곡을 특징으로 갖고 있다. 또한, 이 경우에는 건물 자체에 텍스처(Texture)를 입힘으로써 건물의 재질 자체가 변경되는 환영을 불러일으키기도 한다.

표 2. 기존의 프로젝션 매핑에서의 이펙트 분류

건물을 이루는 구조물들에 영상이 매핑된 경우
①애니메이션 효과(패턴 및 색상이 있는 객체가 이동) ②빛을 이용한 조명 효과 ③ 파티클 효과 (꽃잎, 연기 등)
건물 전체에 영상이 매핑된 경우
①건물의 재질 변경 ② 빛을 이용한 조명효과 ③ 파티클 효과 (꽃잎, 연기 등) ④ 애니메이션 효과(건물의 윤곽선 활용, 물리적 수식을 기반으로 한 효과) ⑤건물 형상의 왜곡 (깨짐, 흘러내림, 쪼임, 꼬임, 흔들림 등)

III. 실시간 VJing 시스템

1. 프로젝션 매핑 공연 “4D ART SHOW” 소개 및 개발 배경

본 연구의 시스템은 음악에 반응하는 실시간성과 다른 건물이나 공연에도 활용 가능한 재사용성을 중점으로 개발되었으며, 구체적인 개발 배경은 다음과 같다.

중앙대학교 영신관 건물에서 2012년 10월 9, 10일 이틀에 걸쳐 “4D ART SHOW” 공연은 예술대학 300여 명을 포함한 400여 명의 대규모 인력이 참여한 프로젝트로, 공연의 기획 당시에 오프닝과 엔딩 그리고 그 사이의 라이브 공연으로 구성되었다. 오프닝과 엔딩은 기존의 프로젝션 매핑을 활용한 공연처럼 사전에 제작된 고품질의 렌더링 영상을 이용하였다. 그러나 라이브 공연은 9개의 팀이 이틀 동안 약 120분의 공연을 진행하는 문제점이 있었다. 일반적으로 프로젝션 매핑에서 활용되는 고품질의 렌더링 영상이 10분 내외로 제작되는 것을 감안한다면, 본 공연의 경우 12배 정도의 상영 시간이 있었다. 또한, 9개의 팀이 각기 다른 주제를 갖고 있었기 때문에 30일 정도의 제작기간에서 별개로 렌더링 영상을 만드는 데 한계가 있었다. 또한, 본 공연은 사전 리허설(Rehearsal) 없이 진행되었기 때문에 공연에 필요한 사전 시나리오를 제작하는 데 어려움이 있었다.

이러한 시간상의 제약조건에 맞서 공연 전반에 프로젝션 매핑 기술을 적절히 사용하기 위하여 고려한 것은 공연의 콘셉트(Concept)를 고려하지 않아도 되고, 이펙트의 추가 수정개발이 가능한 형태의 시스템을 개발하는 것이었다. 그래서 본 시스템은 콘텐츠 제작에 많은 시간을 할애하기 어려운 제약적인 상황에 한하여 프로젝션 매핑 기법으로 건물이나 오브제를 배경으로 한 공연 영상을 연출하고자 한다. 이와 함께 건물의 모양정보를 변경하여 타 공연 장소에서도 활용이 가능한 형태의 시스템을 기획하여, 시스템의 재사용성을 고려하였다.

2. 시스템 개요

본 시스템은 실시간성과 다른 공연 장소에서의 재사용성을 목적으로 개발된 VJing 시스템으로, 사전 연습 없이 장시간 진행되는 라이브 공연에서 발생하는 다양

한 돌발 상황에 대응하여 라이브 공연 환경에 적합한 영상에 대한 제어가 가능하다.

구체적으로 라이브 연주 및 공연장에서 발생하는 소리에 공연에 사용되는 영상이 반응하는 특징을 갖고 있다. 그리고 세부적인 옵션으로 공연 영상을 제어할 수 있도록 설계되어 공연의 분위기에 맞는 맞춤형 이미지가 효과적으로 생성 가능하다. 시스템은 여러 번 재사용될 목적으로 구현되었기 때문에 다른 공연 장소에서도 활용될 수 있는 확장성 있는 구조로 되어 있다. 개발된 시스템은 약 30여개의 이펙트를 내장하고 있으며, 각각의 이펙트는 클래스 형태로 만들어져서 사용자의 필요에 따라 추가 및 수정 그리고 지속적인 업데이트가 가능하다.

3. 공연 환경에 적합한 시스템 환경 구축

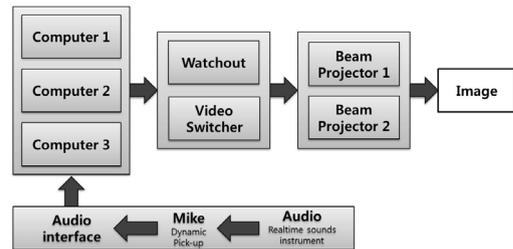


그림 4. 시스템 환경 구축 개념 모델

본 시스템을 활용하여 프로젝션 매핑 공연에 활용하기 위해서는 공연 현장에서 필요한 영상 제어 환경을 구축해야 한다. 시스템 환경을 위해 필요 장비로는 [그림 4]와 같이 영상을 건물에 투영시키는 용도의 빔 프로젝터가 요구된다. 그리고 시스템을 위한 컴퓨터, 컴퓨팅 계산으로 생성된 이미지들을 교환시킬 영상 스위처(Switcher), 빔 프로젝트에서 영상이 건물로 출력될 때 왜곡을 보정시킬 목적으로 사용되는 와치아웃(Watchout[12]), 그 외 연주자와 공연자의 라이브 연주 소리 및 공연장에서 발생하는 소리를 수음(受音)하기 위해 오디오 입력 시스템이 공연 환경을 구성한다.

기본적으로 다이내믹 마이크(Dynamic Mike)를 설치하여 공연 현장의 전체 소리를 수음한다. 하지만 다른 소리의 방해 없이 악기 개별적인 소리를 수음하고 싶을 경우, 악기에 픽업용 마이크(Pick-up Mike)를 부착하

면 약기 하나의 소리를 순수하게 수음할 수 있다[13].

[그림 4]와 같이 실시간 시스템은 오디오 입력 시스템을 통해 입력된 사운드에 반응한다. 그리고 시스템에서 출력되는 영상물은 스위치를 통해 선택되어 최종적으로 빔 프로젝트를 통해 건물에 투사된다.

4. 건물구조 분석 및 시스템 설계

4.1 피사체 분석에 따른 설계 개념

본 시스템을 이용한 프로젝션 매핑 공연에서는 최종 출력물이 건물에 투사된다. 그러므로 본 연구에서 제안하는 시스템은 사용자가 원하는 이펙트를 실시간으로 생성함과 동시에 건물의 모양에 일치하도록 영상을 재생할 수 있어야 한다. 이 작업을 위해 프로젝션 매핑 피사체인 중앙대학교의 영신관 건물의 입면을 카메라로 촬영하였다. 그리고 촬영한 사진을 일러스트레이터(Illustrator)에서 SVG(Scalable Vector Graphics)파일로 변환하여 시스템에 맞도록 좌표로 추출하였다.



그림 5. 중앙대학교 영신관 건물 입면

표 3. 피사체 분석에 따른 객체의 고유 식별 번호

그룹	고유 식별 번호 (ID)
전체 건물	0
왼쪽 건물	1
중간 건물	2
오른쪽 건물	3
창문	4
중간 출입구	5
오른쪽 건물 문	6
지붕	7

추출한 데이터를 기준으로 [그림 5]와 같이 건물을 창문, 벽면, 지붕, 출입구 등으로 분류하였으며 [표 3]에서 보이는 바와 같이 각 객체가 고유한 식별번호(ID)와

모양을 갖도록 설계하였다. 또한, 건물 모양을 여러 개 합쳐서 한 그룹으로 지정하는 기능을 추가하여 객체의 확장성을 높이고자 하였다. 이러한 과정을 통해 실시간 VJing 시스템에서 독립적인 이펙트 생성이 가능하게 된다.

4.2 모형 제작 및 왜곡 보정 작업

프로젝션 매핑 피사체인 건물의 구조를 분석한 결과를 토대로 구글(Google) 스케치업(SketchUp[14])을 이용하여 건물을 모델링한 다음 90:1의 비율로 축소된 모형을 제작하였다. 모형을 제작한 이유는 실제 공연 전에 사전 테스트를 통하여 발생할 수 있는 문제에 대비함과 동시에 영상이 효과적으로 생성되는지 확인해 보기 위함이다. 그런데 빔 프로젝터를 이용하여 영상을 오브젝트에 투사시키는 과정에서 출력이미지가 피사체에 왜곡되어 매핑되는 현상이 발생할 수 있다. 이때 왜곡을 보정하는 작업을 하여 매핑 작업에서 발생하는 오차를 수정한다. 본 시스템에서는 왜곡을 보정하기 위해 타(他) 프로그램을 이용하였다. 사전 테스트에서는 밀루미나(Millumin[15])를 이용하였고, 실제 공연에서는 장비 대여 측에서 제공이 가능한 와치아웃 프로그램을 사용하여 최종 출력물의 왜곡을 보정하였다.

5. 시스템 구현

5.1 건물 모양 정보 입력

본 연구의 시스템은 건물의 모양정보를 입력받고, 건물의 창, 문, 벽면, 출입구 등을 조합하여 이펙트를 생성한다. 건물의 모양 정보는 [표 4]와 같이 피사체를 분석한 결과 추출된 건물의 좌표 정보를 포함하는 텍스트 파일로 구성된다. 그룹핑(Grouping)된 구조물의 순서대로 건물의 꼭지점 정보(x, y좌표)를 시계 방향 순으로 파일에 표기하며, 구분자(=)를 통해 그룹 식별 번호(ID)를 구분한다. 건물의 모양정보는 텍스트 파일 정보를 변경을 통하여 다른 건물에서도 활용할 수 있도록 설계되었다.

표 4. 피사체 건물 구조의 모양 정보 예시

```

== 0 ===== 건물 전체
1550 229 1488 206 1021 206 1021 190 1009 190 960 163 911 192
898 192 898 206 434 206 372 229 265 168 111 260 95 260 95
286 82 286 82 767 456 767 477 761 880 761 1040 761 1438 761
1465 769 1575 776 1738 776 1842 769 1842 280 1830 280 1829
258 1812 258 1653 167
== 1 ===== 왼쪽 건물
265 168 111 260 95 260 95 286 82 286 82 767 456 767 456 280
438 280 438 262 431 262
456 300 456 767 477 761 477 308
== 2 ===== 중간 건물
960 163 911 192 898 192 898 208 888 208 888 231 873 231 888
243 888 315 477 315 477 761 880 761 1040 761 1438 761 1438
315 1034 315 1034 243 1046 229 1032 229 1032 209 1021 209
1021 190 1009 190
(이하생략)
    
```

5.2 프로그램 구성

프로그램은 프로세싱으로 제작되었으며 ControlP5 인터페이스 라이브러리[16]로 인터페이스를 구성하였다.

프로그램은 [그림 6]과 같이 컨트롤러(Controller)와 플레이어(Player)로 구성되며, 컨트롤러에서 조작된 영상이 플레이어 창에서 실행된다. 컨트롤러 창의 크기는 768*1024픽셀(Pixel)이고 플레이어 창의 크기는 풀 HD(Full High Definition)해상도인 1920*1080픽셀이다.

본 연구에서 제안하는 시스템은 프리뷰(Preview) 및 마스크링(Masking) 기능을 포함한다. 프리뷰 기능은 비주얼 자기가 VJing하여 영상을 모니터링하는 용도로 사용하며, 마스크링 기능은 건물의 외곽선 밖으로 영상이 투영되는 것을 막기 위한 용도로 사용된다.

기타사항으로는 인터페이스의 색상을 선택할 수 있는 컬러픽커(Color Picker) 기능과 장면전환에 필요한 페이드 인/아웃(Fade in/out) 기능을 포함한다.



그림 6. 컨트롤러와 플레이어 창

5.3 유저 인터페이스(User Interface) 구성

유저 인터페이스는 기존의 VJing 프로그램 및 디지털 모션 그래픽 및 합성 소프트웨어인 애프터이펙트(AfterEffects)를 벤치마킹(Benchmarking)하여 구현하였다. [표 5]와 같이 이펙트는 버튼(Button)기능을 이용하여 선택할 수 있도록 하였으며, [그림 7]과 같이 슬라이더(Slider) 등의 옵션 기능을 추가하여 세부 컨트롤이 가능하도록 설계하였다. 선택된 이펙트는 세부옵션을 통하여 움직이는 속도, 색상, 밝기 등에 따라 다양한 효과 및 변형이 이루어진다.

표 5. 유저 인터페이스의 기능 설명

버튼 이름	기능
Effect Select	대표 이펙트 선택
subEffect Select	세부 이펙트 선택
subEffect Option	상세 기능 제어 옵션 선택
Color Picker	색상 선택
Global Effect Select	페이드 인/아웃 기능, 마스크링 기능 등 선택



그림 7. 슬라이더 옵션 기능

유저 인터페이스는 [그림 8]의 모습으로 ControlP5 그래픽 인터페이스 라이브러리를 이용하여 구현되었다. 각각의 버튼은 키보드와 키 매핑(Key Mapping)이 되어 있어 단축키로도 작동할 수 있다. 인터페이스는 키보드 및 마우스 입력 외에도 [그림 9]와 같이 아이패드(iPad)에서도 가능하도록 OSC(Open Sound Control)[17] 라이브러리를 이용하여 프로세싱에서 연동되도록 하였다. 부가적으로 아이패드에서는 관람객을 대상으로 한 게임이 가능하도록 하였으며, 터치패드(Touch Pad)를 이용하여 시스템이 제어될 수 있도록 구현되었다.



그림 8. 유저 인터페이스



그림 9. 아이패드용 인터페이스

5.4 사운드 입력 기능

프로세싱의 Minim라이브러리[18]를 활용하여 공연에서 발생하는 사운드를 입력을 받는다. 사운드에 반응하여 실시간으로 동기화(同期化)된 영상이 프로젝션 매핑 대상인 건물에 출력된다. 레벨(Level)값과 고속 푸리에 변환(FFT)으로 받은 사운드 값을 컨트롤하여 입력된 사운드 값은 슬라이드 바 기능을 이용하여 조정할 수 있도록 구성된다.

5.5 프로젝션 매핑 공연에 필요한 이펙트 구성

본 시스템을 설계하기 위하여 기존의 프로젝션 매핑 사례를 분석한 결과 추출된 대표적인 이펙트를 건물의 구조에 따라 전체에 사용되는 경우와 국소적으로 사용되는 경우로 분류하였다. 그리고 약 20여개의 이펙트를

미리 개발하였다. 그 이후에 주최 측으로부터 공연 2주 전에 통보받은 최종 공연 프로그램(Program) 및 영상, 음원 등의 자료를 분석하여 공연 당일에 사용할 이펙트를 구성하였다. 공연 프로그램은 크게 ①음원 및 영상 등의 공연 자료가 있는 경우, ②자료가 없는 경우, ③주최 측에서 미리 콘셉트를 정해준 경우의 세 가지로 분류된다. 콘셉트가 미리 확정된 경우(③)에는 요청된 콘셉트로 이펙트를 추가적으로 구현하였고, 음원 등의 공연 자료가 있는 경우(①)에는 공연의 전반적인 분위기를 고려하여 이펙트를 선택함과 동시에 추가적으로 구현하였다. 공연 자료가 없는 경우(③)로 피아노 연주 공연의 사례가 있었는데, 이 경우에는 공연의 특징 및 분위기를 파악할 수 없는 상황이었기 때문에, 일반적으로 사용할 수 있는 이펙트를 사용하고자 하였다. 위 내용을 정리하면 [표 6]과 같다.

표 6. 공연의 주요 특징과 이펙트 구성

순번	공연 구분	공연 내용	분류	공연 특징	이펙트	인원	소요 시간
1	한국무용	제천무	①	절제미	꽃잎 파티클	30명	7분
2	발레	심포니 인 씨	①	교향곡 사용	혼합	14명	8분
3	연주	피아노 공연	③	눈 내리는 이미지 요청	눈 내리는 파티클	2명	7분
4	한국무용	달의 노래	③	달 이미지 요청	달 이미지 사용	12명	7분
5	한국무용	풍고	①	빠른 비트	기하학적 패턴	21명	7분
6	전통예술	천지 울림	①	타악기 사용	기하학적 패턴	30명	12분
7	무용	피아노 발레	②	알 수 없음	일반 효과	8명	8분
8	현대무용	MOVE MOVE	①	빠른 비트	기하학적 패턴	15명	7분
9	연주	윈드오케스트라	②	알 수 없음	기하학적 패턴	100명	20분

5.6 구현된 이펙트

본 시스템은 약 30여개의 이펙트를 내장하고 있다. 각각의 이펙트는 클래스 형태로 만들어져서 사용자의 필요에 따라 추가해서 사용할 수 있도록 구현되었다. 건물의 구조적 특징에 따라 프로젝션 매핑 공연에서 사용되는 대표적인 스틸 이미지는 [표 8]과 같다. 이펙트는 클래스 형태로 만들어져서 사용자의 필요에 따라 추

가 및 수정을 할 수 있고 지속적인 업데이트 또한 가능하도록 개발되었다.

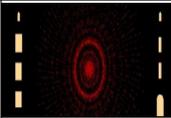
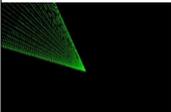
5.7 체크리스트 및 부하 테스트

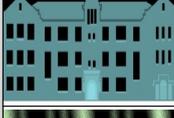
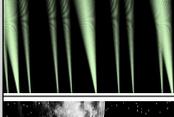
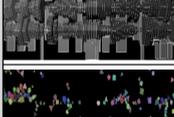
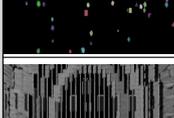
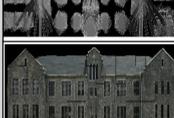
본 시스템이 실제 공연에서 활용되는 경우 공연 도중에 오류가 발생해서는 안 된다. 또한, 공연이 장시간 동안 진행되기 때문에 사전 테스트를 통해 시스템의 부하나 프로그램 상 오류를 확인 및 수정하는 과정이 요구된다. 그래서 [표 7]과 같이 체크리스트 항목을 선별하여 맞춤 테스트를 진행하였고, 메모리 점유율, CPU 점유율, 프레임 속도(Frame Rate) 등을 체크하여 시스템의 부하를 확인하였다. 최종 테스트에서 프로그램상 발생할 수 있는 오작동 및 과부하 현상은 발생하지 않았다.

표 7. 체크리스트 항목

항목	내용
이펙트의 실행 확인	각각의 이펙트가 독립적으로 선택되는가?
	앞뒤로 선택된 이펙트 간에 간섭이 발생하지 않는가?
	세부 옵션 기능에서 중복 선택이 가능한가?
	실행중인 이펙트 및 세부 옵션에 대한 확인이 가능한가?
	세부 옵션기능을 중복 선택하는 경우 정상적인 이미지가 출력되는가?
프로그램의 오류 확인	메모리 할당 및 해제가 정상적으로 처리되는가?
	마우스 및 키보드 입력이 정상적으로 실행되는가?
	비상시 기능이 정상적으로 작동하는가?
	리셋(Reset) 기능이 제대로 실행되는가?
	이펙트 실행 시에 과부하 현상이 없는가?
	부하가 있을 때 평균 프레임속도가 느린 현상이 없는가?
프로그램이 실행 도중에 중단되는 현상이 없는가?	

표 8. 공연에서 적용된 대표적인 이펙트

구분	섬네일	이펙트 구분	영상의 특징
건물 부분에 영상매핑		애니메이션 효과	기하학적 패턴 생성
		빛을 이용한 조명 효과	레이저 효과

건물 전체에 영상매핑		건물의 재질 변경	비사실적 렌더링을 통한 숲 속 이미지 표현
		건물 재질 변경 및 애니메이션 효과	건물 색상 및 창문 크기 변경
		빛을 이용한 조명효과	서치 라이트 (search-light) 표현
		파티클 효과	눈 내리는 이미지 표현
		애니메이션 효과	라인(line) 애니메이션
		애니메이션 효과	기하학적 패턴 생성
		애니메이션 효과	파이프(pipe) 이미지 표현
		애니메이션 효과	물리적으로 낙하하는 효과로 도형 모양은 랜덤하게 생성됨
		건물 형상 왜곡 및 애니메이션 효과	3D 이펙트를 기반으로 한 사각 패널(panel) 회전
		건물 형상 왜곡 및 애니메이션 효과	창문의 강렬한 회전
	건물 형상 왜곡	건물이 흔들림	

IV. 결론

1. 연구 결과

본 연구에서 제안하는 실시간 VJing 시스템을 실제

공연에서 적용한 결과는 [표 9]와 같다. 공연 결과, 주최 측으로부터 콘셉트 이미지의 요청이 들어온 경우, 주어진 음원 및 영상 등의 자료로 사전에 콘셉트를 기획한 경우, 공연 당일에 즉흥적으로 무대이미지를 연출한 세 가지 경우 모두 연출된 공연 영상이 퍼포머나 연기자의 동작 및 분위기에 적절하게 조화됨을 확인할 수 있었다.

팀별 공연 내용을 분석하면 다음과 같다.

<제천무>의 경우 30명의 무용수가 군무의 움직임을 통해 다양한 이미지 변화와 우리 전통예술이 가지고 있는 기품 있는 정신적 승화시키는 공연이었다. 건물 전체를 활용한 꽃잎 파티클 이펙트 및 건물이 일렁거리는 느낌의 왜곡 효과를 사용하여 본 공연의 컨셉을 반영하고자 하였다.

<심포니 인 씨>의 경우 1947년 파리오페라의 발레마스터로 재직했던 발라신이 조르주 비제(Georges Bizet)의 <교향곡 제1번 C장조>에 맞춰 안무한 작품으로, 14명의 무용수가 출연해 안무적 주제와 내용을 갖추고 춤추는 공연이다. 이 경우 건물의 국소적인 부분을 활용한 조명 효과 및 건물 전체를 활용한 라인 애니메이션, 비사실적 렌더링의 이펙트를 공연에 적용하였다.

<피아노 공연>의 경우 공연 측으로부터 요청받은 누내리는 느낌의 이미지를 연출하여, 피아노 음원과 조화를 이루었다.

<달의 노래>의 경우 12명의 무용수가 한국무용을 선보였다. 주최 측으로부터 달 이미지의 컨셉을 요청받았기 때문에 이에 적합한 이미지를 공연에 적용하였다.

<풍고>의 경우 21명의 무용수가 바람처럼 광대한 평야를 질주하는 기마민족이었던 여인족의 기상을 살려 한국여인의 내면에 흐르는 강인함을 표현한 공연이었다. 천둥과 번개의 가락으로 다양한 북이 한데 어우러져 풍물의 역동성과 신명의 환을 만드는 불거리를 제공하였는데, 기하학적 패턴의 이미지를 무대에 사용하여 역동성을 고무시켰다.

<천지울림>의 경우 30명의 무용수가 하늘과 땅을 울려 평화와 통일을 염원하는 작품으로, 웅장하고 화려하게 구성된 타악 합주곡을 선보였다. 타악기와 빠른 비트의 리듬에 맞춰 <풍고>와 마찬가지로 기하학적 패턴을 공연에 적용하여 역동성을 표현하고자 하였다.

<피아노 발레>의 경우 8명의 무용수가 공연에 투입되었는데, 공연 정보를 확인할 수 없었기 때문에 실제 공연에 맞춰 즉흥적으로 VJing을 하였다.

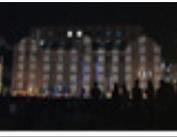
<MOVE MOVE>의 경우는 15명의 무용수가 화려하고 다양한 동작을 보인 공연이었다. <풍고> 및 <천지울림>과 마찬가지로 빠른 비트의 음원을 사용했기 때문에 기하학적 패턴을 사용하여 공연자의 빠른 동작에 알맞은 역동성을 표현하였다.

<윈드 오케스트라>의 경우 100명의 합주로 이루어진 공연으로, 당일에 프로젝션 매핑 사용에 대한 요청이 들어왔다. 그래서 불과 공연 2시간 전에 프로그램을 업데이트하여 이펙트를 추가하였다. 이러한 부분은 본 시스템이 클래스 형태로 만들어져서 사용자의 필요에 따라 추가 및 수정을 할 수 있는 형태로 구현되었기 때문에 가능하였다. 특히 본 공연은 라이브 공연 중 약 20분간으로 최장 시간 동안 진행되었으며, 9곡이 합주되었다. 클래식공연의 특성상 다소 지루해질 수 있는 분위기였지만, 다양한 이펙트를 선보여 관람객의 집중도를 높임을 확인하였다.

본 시스템은 구현적인 면에서 음악에 실시간적으로 반응하기 때문에 비주얼 자기가 빠른 손놀림으로 시스템을 제어하는 것에서 더욱 편리함을 갖추고 있다. 그리고 메모리 관리 측면에서도 이펙트를 선택할 시에 할당된 메모리가 이펙트가 해제되면 해제되도록 하였기 때문에 약 2시간에 달하는 장기간의 공연에 시스템이 과부하 되거나 중단되는 현상 없이 공연을 무사히 마칠 수 있었다.

표 9. 실제 공연 결과 이미지

공연 내용	공연 이미지	공연 내용	공연 이미지
제천무		심포니 인 씨	
피아노 공연		달의 노래	

풍고		천지 울림	
피아노 발레		MOVE MOVE	
윈드 오케스 트라			

2. 향후 과제

본 연구에서 제안하는 실시간 VJing 시스템은 이벤트나 프로모션(Promotion) 홍보용에 국한되지 않고, 퍼포먼스 및 댄스 공연에서 적극적으로 활용할 목적으로 기획 및 구현되었다. 하지만 사운드에 반응하여 수식적으로 계산된 이펙트는 기존의 영상 제작 프로그램으로 만든 결과물보다 높은 품질을 기대하기 어려웠다. 이러한 부분은 지속적으로 효과에 대한 업데이트를 통해 개선될 여지가 있다. 이에 향후 제안 사항은 다음과 같다.

첫째, 공연자의 움직임에 정확한 매핑이 이뤄질 필요성이 있다. 'Sony Realtime Projection Mapping[19]' 사례는 공연자의 움직임을 3D 트랙킹(Tracking) 기술을 이용하여 입체 영상을 보이는 특징을 갖고 있으며, 'Tron Legacy Premiere an ENESS Light Session[20]' 사례는 아이팟(iPod)에 특수제작된 앱(Application)을 설치하여 라이더(Rider)의 움직임에 반응하는 형태를 보이고 있다. 그 외에도 Xbox Kinect, 등의 장치를 사용하여 공연자의 움직임에 반응하는 프로젝션 매핑이 실험적으로 이루어지고 있는 상황이다[21]. 본 시스템을 보완하여 특수 장비를 이용해 공연자의 움직임에 반응하는 시스템으로 발전된다면 프로젝션 매핑기술을 이용하여 다양한 형태로 대중 공연에서의 활용이 가능할 것으로 판단된다.

둘째, 다수의 프로젝터를 이용하여 3차원의 오브제에 프로젝션 매핑이 이뤄질 필요성이 있다. 'Barco Enlivens Super Bowl 2012 Halftime Show[22]' 공연은

네 대의 프로젝터를 사용하여 원형 경기장에서 무대를 설치하여 프로젝션 매핑 기법을 적용하였다. 이런 방식으로 사방에서 관람이 가능한 형태의 프로젝션 매핑 기법으로 발전된다면, 많은 수의 인원이 관람 가능한 원형 극장 등의 장소에서 공연이 가능할 것으로 고려된다.

다른 공연에서의 활용을 통하여, 프로젝션 매핑 공연에서 여러 번 재사용되며 거듭 발전되며, 새로운 공연 가능성을 제시할 수 있기를 기대한다.

참고 문헌

- [1] 변혁, 신규빈, "빛을 이용한 공간 표현에 대한 연구", 기초조형학연구, 제13권, 제3호, pp.182-183, 2012.
- [2] 고은빈, 프로젝션 맵핑을 활용한 공연콘텐츠 연구, 국민대학교 테크노디자인전문대학원, 석사학위 논문, p.4, 2012.
- [3] 강유란, K-Pop 공연예술을 위한 인터랙티브 영상 미디어 활용제안, 건국대학교 대학원, 석사학위 논문, pp.54-56, 2012.
- [4] 김명우, 김동조, 김형기, "프로젝션 매핑을 이용한 오브젝트 및 공간 표현 연구", 디지털디자인학연구, 제29권, p.564, 2011.
- [5] 홍은지, 디지털 퍼포먼스에서 실시간 인터랙티브 영상 활용 연구, 서강대학교 영상대학원, 석사학위 논문, 2012.
- [6] 고은빈, 프로젝션 맵핑을 활용한 공연콘텐츠 연구, 국민대학교 테크노디자인전문대학원, 석사학위 논문, pp.10-13, 2012.
- [7] <http://vimeo.com/50638399>
- [8] <http://vsquaredlabs.com>
- [9] <http://en.wikipedia.org/wiki/Shpongole>
- [10] <http://www.1000errors.com>
- [11] 황용희, "3D 프로젝션 매핑 작품에 나타난 그래픽 요소의 유형에 관한 연구", 한국디자인포럼, 제32권, p.351, 2011.
- [12] <http://www.watchout.co.kr>

- [13] 장은선, 홍성대, 박진완, “소리시각화를 응용한 실시간 공연 영상 시스템에 관한 연구”, 디지털디자인학연구, 제24권, p.60, 2009.
- [14] <http://www.sketchup.com>
- [15] <http://www.millumin.com>
- [16] <http://www.sojamo.de/libraries/controlP5>
- [17] <http://opensoundcontrol.org/introduction-osc>
- [18] <http://code.compartmental.net/tools/minim>
- [19] <http://vimeo.com/34021153>
- [20] <http://vimeo.com/17872715>
- [21] <http://www.brandactivation.nl/en/node/951>
- [22] <http://www.barco.com>
- [23] 신구빈, 프로젝트 맵핑을 이용한 미디어 파사드의 환영성(幻)影城 연구, 성균관대학교 일반대학원, 석사학위 논문, 2012.
- [24] 임찬, 박찬주, 정기원, “인터랙티브 프로젝트 맵핑과 이를 구현하는 UX 인터페이스 유형 연구”, Journal of Digital Interaction Design, 제11권, 제2호, pp.135-146, 2012.
- [25] 안명욱, 원광연, “구형스크린 프로젝트 시스템의 전시 및 공연에서의 활용”, 한국HCI학회 학술대회, 제2010권, 제1호, pp.304-306, 2010.
- [26] 김윤태, “V제잉에서 인터랙티브미디어아트활용”, 한국콘텐츠학회논문지, 제7권, 제10호, pp.80-88, 2007.
- [27] 권익현, 임종엽, “미디어를 통한 다차원 무대공간 형성 과정에 관한 연구”, 학술발표대회 논문집-계획계/구조계, 제24권, 제2호(계획계), pp.271-274, 2004.
- [28] 이현욱, 인터랙티브 VJing을 위한 라이트 드로잉과 컬러 트래킹 연구, 동국대학교 멀티미디어학과, 석사학위 논문, 2008.

저 자 소 개

노 선(Seon Noh)

준회원

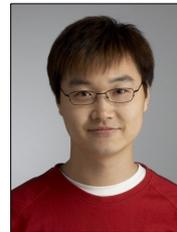


- 2010년 2월 : 서울시립대학교 컴퓨터과학부(공학사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 중앙대학교 첨단영상대학원 영상학과 석사과정

<관심분야> : 데이터 시각화, Art&Technology

이 재 중(JaeJoong Lee)

정회원



- 2007년 2월 : 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 석사 졸업
- 2009년 2월 : 중앙대학교 첨단영상대학원 영상학과 박사 수료

<관심분야> : Multimedia Design, Interactive Art

박 진 완(Jin Wan Park)

정회원



- 1995년 2월 : 중앙대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 1998년 : Pratt CGIM Computer Media(MFA)
- 2003년 3월 ~ 현재 : 중앙대학교 첨단영상대학원 교수

<관심분야> : Art&Technology, Procedural Animation