

확장현실 콘텐츠 기반 매핑 제너레이터 개발 연구

Development of a Mapping Generator Based on Extended Reality Content

김동조^{1*}, 이복은²

Dong-Jo Kim^{1*}, Bok-Eun Lee²

요 약

최근 실감형 콘텐츠 관련 연구 및 기술개발이 하드웨어를 기반으로 지속적으로 진행되고 있다. 프로젝션 매핑 콘텐츠를 구현하는 프로그램은 상용화되거나 자체 개발을 통해 아나몰픽 일루전 등의 신기술과 결합되어 글로벌 콘텐츠 시장을 이끌어 가고 있다. 이러한 매핑 기술은 국내외 실감미디어의 전시 시스템의 기초를 다지고 가상 및 증강현실 기술을 기반으로 확장현실 콘텐츠가 나아갈 방향성을 제시하고 있다. 상용화된 매핑 프로그램은 MadMapper, Resolum Arena, VPT가 일반적으로 사용되고 있으며 각각의 툴은 현실 공간에 영상이미지를 매칭시키는 기능을 중심으로 보조적인 기능이 추가적으로 적용되고 있으나 확장현실 기반 콘텐츠 제작을 위한 하드웨어 연동은 별도의 프로그래밍을 통해 개발 과정을 거쳐야 하며 영상기술을 전문적으로 활용하지 않는 미디어 작가가 구현하기에는 학습에 대한 어려움이 발생한다. 이처럼 첨단영상기술을 적용한 미디어 작품 구현은 미디어 테크니션의 도움이 필요하거나 장기적인 학습 기간이 요구된다. 이를 위해 회화나 영상기반 미디어 작가가 확장현실 콘텐츠를 구현하는 목적으로 효율적인 솔루션 제공을 위해 매핑 제너레이터의 연구 개발은 필수적이다. 본 논문에서는 기존 매핑 프로그램의 특성을 분석하고 확장현실 콘텐츠 제작이 가능한 매핑 제너레이터 연구개발을 통해 첨단영상 기술 학습이 부족한 작가가 확장된 창작 활동을 지속가능한 방안으로 솔루션 개발의 기반을 마련하고자 한다.

핵심어 : 프로젝션 매핑, 확장현실, 콘텐츠, 매핑 제너레이터, 게임엔진

Abstract

Recently, research and technology development related to immersive content have been continuously carried out based on hardware. Programs that implement projection mapping content are being commercialized or combined with new technologies such as anamorphic illusion through self-development to lead the global content market. This mapping technology lays the foundation for the exhibition system of domestic and international immersive media, and suggests the direction of extended reality content based on virtual and augmented reality technology. MadMapper, Resolum Arena, and VPT are commonly used in

1 Department Image design, Sunchon National University, Sunchon, Korea [Professor]

e-mail: djkim@scnu.ac.kr(Corresponding author)

2 SC Creative Co. Ltd., Seongnam, Sunchon, Korea [CEO]

e-mail: tommy@sccreative.kr

* 본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2022년도 문화기술 연구개발 사업으로 수행되었음
(과제명 : 확장현실 융합 시스템 솔루션 연구개발 기반 문화기술 전문인력 양성, 과제번호 : R2022020014, 기여율: 100%)

Received(November 30, 2022), Review Result(1st: December 9, 2022), Accepted(December 12, 2022), Published(December 31, 2022)



© 2022 The Authors. Published by NCIS.
This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

commercialized mapping programs, and each tool has an additional auxiliary function centered on the function of matching video images in the real space, but hardware interworking for extended reality-based content creation must be developed through separate programming, and the learning difficulty is generated for a media artist to implement who does not make the professional use of image technology. As such, the implementation of media works using advanced imaging technology requires the help of media technicians or a long-term study period. To this end, research and development of mapping generators is essential for painting or video-based media artists to provide efficient solutions for the purpose of realizing extended reality content. In this paper, through the analysis of the characteristics of existing mapping programs and the research and development of mapping generators capable of producing extended reality content, artists who lack advanced imaging technology learning will lay the foundation for solution development as a sustainable way to expand creative activities.

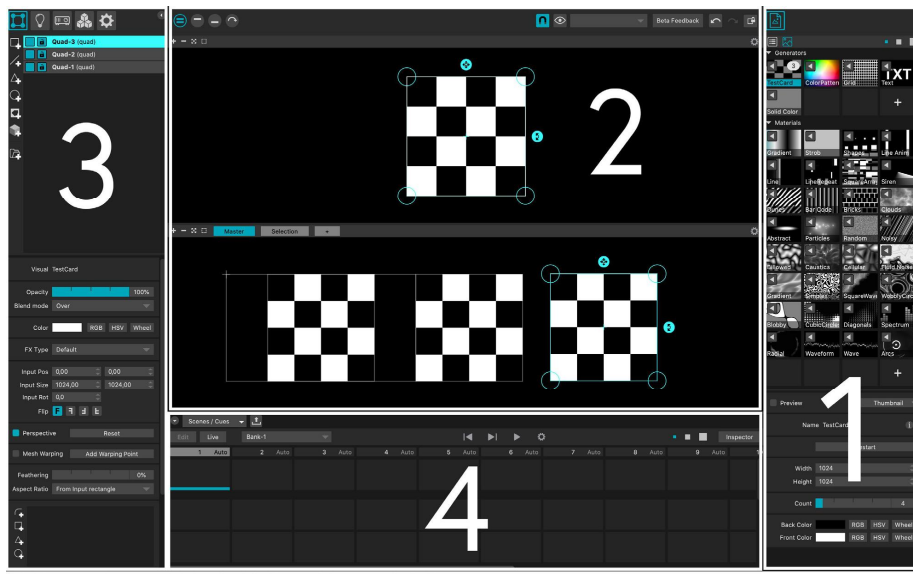
Keyword : Projection mapping, Extended reality, Content, Mapping generator, Game engine

1. 서론

프로젝션 매핑 시스템은 빔 프로젝터와 매핑관련 소프트웨어를 구동하기 위한 컴퓨터가 필수적이다. 3차원 공간에서 다양한 형태의 오브제에 세밀하게 텍스처 영상 소스를 매핑하는 것은 피사체의 외곽선을 기준으로 마스킹을 하게 된다 [1]. 이러한 작업은 기존 상용화된 프로그램을 사용하여 매핑을 진행하고 있다. 관련 프로그램으로는 Madmapper, Resolum Arena, VPT 등으로 기 제작된 영상을 순차적으로 재생하는 기능과 사운드 인터랙션을 제공하는 부가적인 기능까지 포함하고 있다 [2]. 하지만 확장현실 콘텐츠를 재생하기 위해 홀로렌즈나 HMD를 연동하여 매핑된 콘텐츠의 연출방식이 다양한 방식으로 기획된다고 하면 별도의 소프트웨어 제작 및 개발이 필요하다 [3]. 이러한 개발 과정은 프로젝트 매핑 콘텐츠를 제작하는데 있어 별도의 기능을 요구하게 된다. 초기 설정에서 현실 공간과 정교하게 매칭되는 캘리브레이션 작업은 오브젝트의 형태나 프로젝터의 위치에 따라 이질감을 초래하는 콘텐츠를 구현하게 되어 몰입감의 저해요소로 작용하게 된다 [4]. 따라서 매핑 제너레이터와 연동되는 프로그램에 따라 별도의 개발 과정을 수행하는 추가작업이 요구된다. 그리고 매핑 프로그램에 적용될 콘텐츠 실행 순서와 별도 장비와의 인터랙션 연출 효과를 효율적으로 작업할 수 있는 기능이 필요하다 [5]. 본 논문은 사용자가 확장현실 콘텐츠를 기반으로 프로젝트 매핑을 적용하고자 할 때 적용가능한 매핑 제너레이터 개발 기술을 연구하고자 한다. 향후 프로젝트 매핑과 확장현실 콘텐츠를 시연하는 HMD하드웨어 제어 기술 경험이 부족하거나 이를 복합적으로 사용하는 방안으로 특정 인터페이스를 제공하여 효율적인 솔루션 연구의 기반을 마련하고자 한다. 현재 다양한 장치와 센서가 첨단 영상기술을 통해 개발되어 단순로운 프로젝트 매핑 콘텐츠가 아닌 인터랙션 기능이 추가된 사용자의 제스처와 동작 및 위치 인식으로 확장현실 콘텐츠 기반 매핑 제너레이터 개발 연구가 필요한 실정이다.

2. 프로젝션 매핑 프로그램의 특성 분석

프로젝션 매핑 콘텐츠는 상용화된 프로그램을 주로 MadMapper, Resolum Arena, VPT 등을 사용하여 구현한다. 가장 대표적으로 [그림 1]의 MadMapper는 현실 공간에서 매핑되는 오브제의 윤곽선을 가상의 점을 생성하여 투사 스크린의 크기와 좌표 생성에 따른 2D 공간을 재설정하는 것으로 제어하는 기능을 지니고 있다 [6]. 추가적인 플러그인을 통해 다양한 형태의 영상 스크린을 변형할 수 있으며 세부적인 2D 공간 표현이 가능하다. 그리고 미들웨어를 두고 외부 기기나 별도의 소프트웨어와 연동이 가능한 호환성을 갖추고 있다. 운영체제는 윈도우와 맥 OS에서 모두 사용이 가능하며 인터페이스 또한 사용자의 편의성을 고려하여 직관적으로 제어가 가능한 부분이 다수 적용되어 있다. 콘텐츠 적용은 대형 파사드부터 소형 오브제의 표현까지 가능하며 여러대의 프로젝터를 연결하여 사용 가능하다 [6]. 특히 메쉬(Mesh) 제어를 위한 포인트를 사용하여 재생되는 영상을 현실공간의 실제 표면에 정확하게 매칭시키고 베지어 지오메트리를 사용하여 세밀한 마스크 작업을 할 수 있다. 실시간 제어 가능한 컨트롤러를 연계할 수 있으며 3D 오브제를 위한 보정과 스캐닝 기술을 지원하고 있다. 추가적으로 큐잉 시스템과 내장된 색상, 패턴, 그리드, 텍스트를 이용하여 셰이더 생성이 가능한 기능을 가지고 있다 [6].

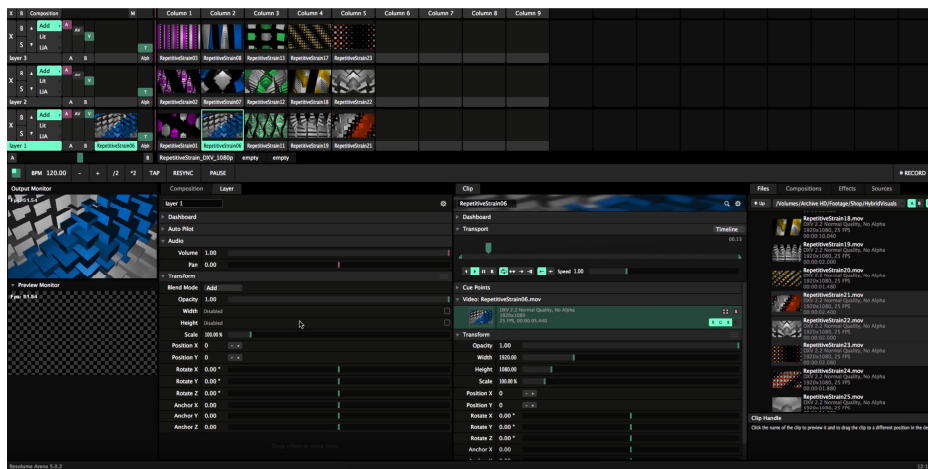


[그림 1] MadMapper 소프트웨어 메뉴 구성 이미지

[Fig. 1] MadMapper Software Menu Configuration Image

[그림 2]에서 Resolum Arena는 다수의 영상을 선별적으로 투사가 가능하며 디지털 스위치 역할

을 한다. 운영체제는 윈도우와 맥 OS에서 구동이 가능하며 카메라에 입력된 영상을 실시간으로 다양한 방식의 연출을 할 수 있으며 영상의 크기와 스크린 상의 변형된 효과를 제작할 수 있다 [7]. 유명 VJ(Video Jokey)들이 사용하고 있어 음악과 실시간으로 상호작용하는 영상을 생성하여 클립 형태로 다수의 스크린을 제어하게 된다 [8]. 사운드 장비 연계에 최적화 되어 있어 가상의 MIDI 컨트롤러나 OSC 컨트롤러를 소프트웨어로 하드웨어 역할을 하게 된다. Mad Mapper와 유사한 프로젝션 매핑 기술을 적용하고 있으며 여러개의 클립을 하나의 공간에 매핑시키는 기능은 제한적인 부분으로 표현된다. 프로젝션 매핑 기능은 현실공간의 오브젝트에 윤곽선을 기반으로 포인트를 제어하는 것과 마스킹을 이용하여 프로젝션 매핑 콘텐츠 구현이 가능하다. 다수의 스크린 구성과 메쉬를 기반으로 포인트 제어를 통한 현실 공간의 그래픽 이미지 연출 표현을 할 수 있다 [7].



[그림 2] Resolume Arena 소프트웨어 메뉴 구성 이미지

[Fig. 2] Resolume Arena Software Menu Configuration Image

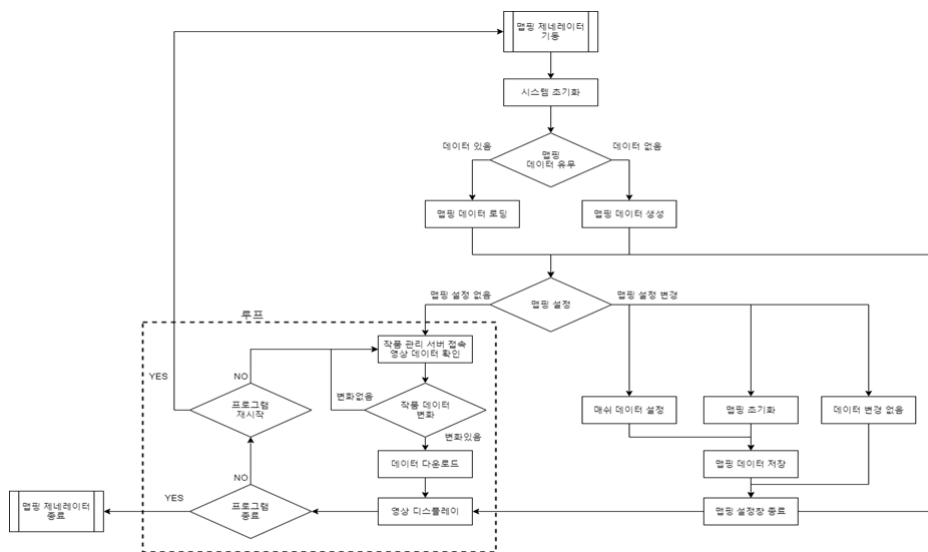
마지막으로 VPT(Video Projection Tool) 프로그램은 프리웨어로 윈도우와 맥 OS를 운영체제로 지원하며 Max를 사용하여 개발된 프로그램이다. 다수의 영상 스크린을 통해 매핑 작업이 가능하고 직관적인 인터페이스를 구축하고 있다 [9]. Max로 개발된 환경에 따라 사운드와 영상 및 아두이노와 같은 컴퓨팅 하드웨어 시스템과 연계가 효율적으로 적용된다. 노드 연결기반의 프로그래밍 방식은 다양한 연출효과와 특정 메쉬에 대한 스크린 조정으로 활용가능성에 대한 확장성이 높은 장점을 가지고 있다 [7]. 이외에도 HeavyM, Arkaos, Scalable Display Technologies, Mapping Matter, Touch Designer, Disguise, Watchout, Lightform 등과 같이 하드웨어를 포함한 다수의 프로젝션 매핑 프로그램이 연구 개발되어 사용되고 있다 [2]. 대부분의 프로젝션 매핑 프로그램의 특성은 마스킹 기능을 가지고 있으며 영상이 투사되는 현실 공간의 오브젝트에 메쉬를 랩핑하기 위한 활용 내용으로 윤곽선을 기준으로 하는 포인트의 이동으로 2D영상의 공간 표현을 진행하고 있는 것을 알

수 있다. 상용화된 프로젝션 매핑 프로그램은 멀티 스크린을 구현하는 기능이나 확장현실 콘텐츠 기반 하드웨어와 상호작용으로 연동되어 많은 효과를 연출하는 것은 별도의 프로그래밍 작업을 진행하거나 연구개발과정을 거쳐 콘텐츠 구현이 가능한 것을 알 수 있다 [10]. 따라서 첨단 영상 기술을 응용한 연구 개발이 어려운 작가의 경우 별도의 매핑 제너레이터 개발을 진행하여 확장현실 콘텐츠 제작을 할 수 있다.

3. 확장 현실 기반 매핑 제너레이터

3.1 매핑 제너레이터의 개발

확장 현실 콘텐츠 기반의 매핑 제너레이터는 현실 공간의 특정 구역에 영상을 투사하는 과정에서 투영되는 벽면, 기둥, 창문 등 다양한 형태를 가지고 있는 공간의 특성에 맞추어 투영되는 영상을 조정한다. 실제 공간 표면에 이질감 없는 영상을 처리하거나, 별도의 오브젝트 또는 오브제에 맞춤형 매핑 영상을 투영하기 위해 유니티 게임엔진을 사용하여 소프트웨어적으로 투사되는 화면을 조정하는 프로그램이 필요하다. [그림 3]은 매핑 제너레이터 시스템을 개발하는 과정에서 처리 절차를 순서도로 제작한 것이다.



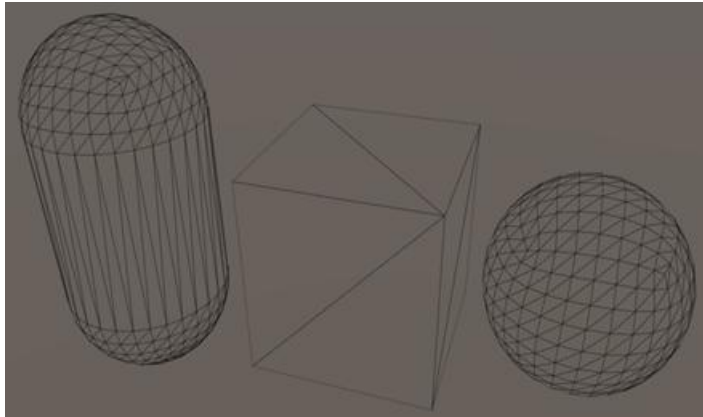
[그림 3] 매핑 제너레이터 시스템 처리 절차

[Fig. 3] Mapping Generator System Processing Procedure

1차원, 2차원 공간이 아닌 3D 공간상에서 무언가를 시각화하려면 메쉬를 사용해야 한다. 연구 개발과정에서 메쉬는 객체의 외관을 형성하기 위해 복잡한 형태의 다각형인 폴리곤(Polygon)들의

집합으로 정의할 수 있으며, 폴리곤은 연결된 선분들의 집합의 집합이므로 메쉬는 라인 상의 연결된 꼭짓점(Vertex)들의 집합이라고 할 수 있다. 이를 표현하는 형태로 대표적인 것이 삼각형 형태의 다각형 폴리곤이며 해당 프로그램에서도 이러한 점들을 서로 연결하여, 삼각형을 기반으로 하여, 면을 형성하고 있다.

삼각형은 평평하고 모서리가 직선이며 정육면체의 면과 같이 평평한 물체를 완벽하게 시각화 하는데 유용하다. 또한 [그림 4]를 보면 곡선이나 둥근 표면은 작은 삼각형을 많이 만들어 유사하게 제작 가능하다.



[그림 4] 다수의 삼각 폴리곤이 모여 캡슐, 규브, 구체를 이룬 이미지

[Fig. 4] Images of multiple triangular polygons, capsules, and spheres

[그림 5]에서 보면 정점을 만들기 위해서 먼저 정점의 위치를 생성해주고 정점의 양은 격자의 크기에 따라 다르게 설정된다. 모든 쿼드의 모서리에 정점이 필요하고 인접한 쿼드는 동일한 정점을 공유할 수 있다. 따라서 각 차원에 타일이 있는 것보다 꼭지점이 하나 더 요구된다.

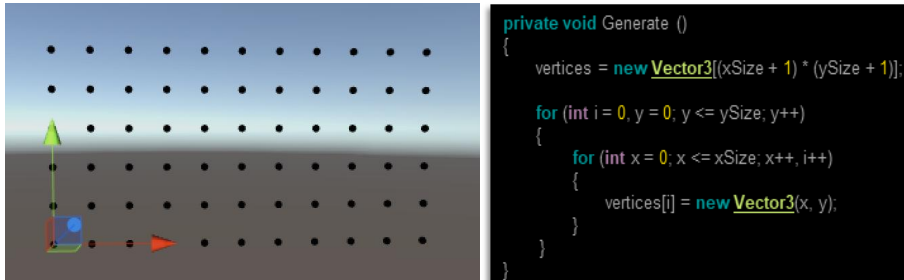
$$(\#X + 1)(\#Y + 1)$$

10	11	12	13	14
	4	5	6	7
5	6	7	8	9
	0	1	2	3
0	1	2	3	4

[그림 5] 4×2 그리드에 대한 정점 및 쿼드 인덱스

[Fig. 5] Vertex and quad indexes for 4×2 grids

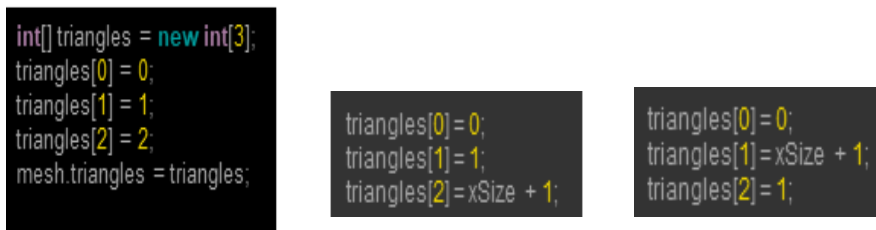
[그림 6]에서 진행된 정점을 생성하고 나면 이 정점들을 서로 연결하여 삼각형을 만들어 주어야 한다. 삼각형은 정점인덱스 배열을 통해서 정의할 수 있게 된다.



[그림 6] 정점 위치를 시각화한 이미지와 코드

[Fig. 6] Image and code visualizing vertex position

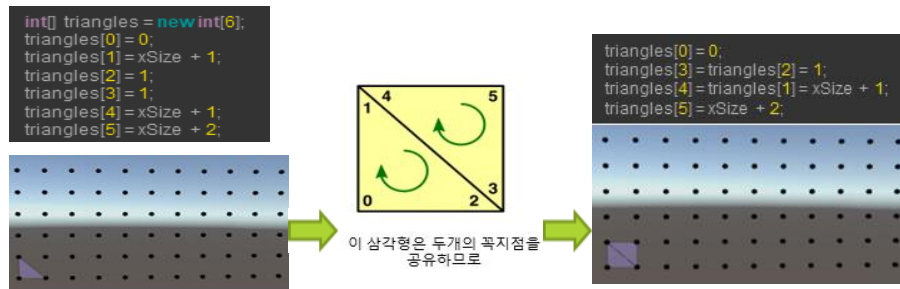
[그림 7]의 코드를 설명하면, 세 개의 연속적인 인덱스를 묶어 삼각형을 이루도록 만들어 주고 세 점은 모두 직선상에 있어 다음 행의 첫 번째 정점으로 이동시킨다. 그리고 기본적으로 시계방향으로 배열된 경우 삼각형은 앞쪽을 향하는 것으로 간주하고 마지막 두 인덱스를 교환하여 순서를 변경하는 것이다. 이러한 과정으로 하나의 삼각형을 생성하게 된다.



[그림 7] 정점 위치를 시각화한 코드

[Fig. 7] Code visualizing vertex position

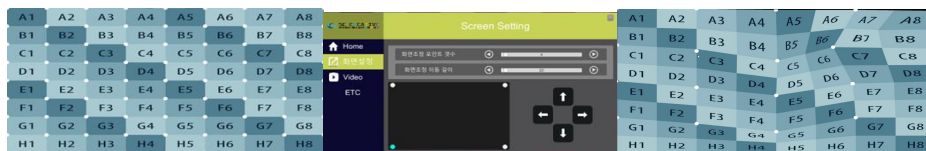
이후 [그림 8]과 같이 삼각형 매쉬를 두 개로 생성하여, 사각형 매쉬를 생성하게 된다. 이것은 투영되는 화면의 오브제에 따라 각각의 모서리의 크기를 조절하고 매칭하여 각각이 독립적으로 움직일 수 있도록 구현하는 것을 목적에 두고 있다. 삼각형의 방향성은 일괄적으로 지정되고 시계방향으로 배열 처리를 한다. 이는 삼각형이 앞쪽으로 향하는 방향성을 공유받고 인덱스를 교차하여 다양한 정점의 추가에 따른 충돌을 방지하게 된다. 이러한 상황에 맞추어 정점을 늘리거나 줄일 수 있는 이점이 있다. 삼각형이 두 개의 꼭짓점을 공유하는 부분에 대해서도 앵글 포인트를 함께 정의하여 다수의 정점에 배열을 기반으로 생성할 때 발생하는 문제를 해결할 수 있도록 하고 있다.



[그림 8] 두 개의 삼각형 매쉬로 사각형 매쉬를 생성한 이미지와 코드

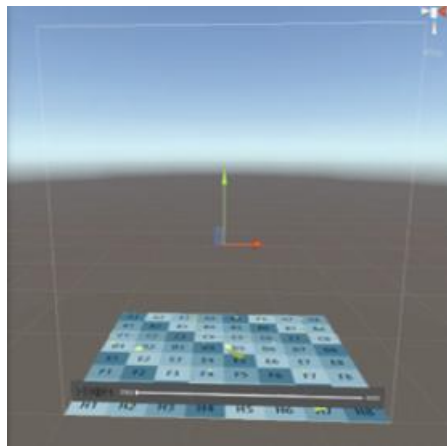
[Fig. 8] Image and code that generated a square mesh with two triangular meshes

이러한 과정을 통해 [그림 9]를 살펴보면 공간 상에 8×8 사각형 매쉬를 생성하고 총 81개의 정점과 이 정점을 이어 커다란 매쉬를 구현한다. 매핑된 영상은 매쉬의 텍스처에 영상을 투영시키는 방법으로 재생시킬 수 있다. 매핑 제너레이터 UI를 살펴보면 81개의 정점 중 4개, 8개, 25개, 81개 위치의 정점을 설정하여 이동할 수 있게 설정한 이미지가 연출된다. 매핑 제너레이터 UI를 통해 정점 개 수, 이동길이 등을 설정하여 매쉬를 변형할 수 있게 된다. [그림 10]은 이러한 매쉬의 텍스처 위에 영상을 재생하는 테스트 이미지로 매핑 제너레이터를 구축하고 있다.



[그림 9] 매핑 제너레이터 UI를 통해 화면 제어하는 과정

[Fig. 9] The process of controlling the screen through the mapping generator UI



[그림 10] 매핑 제너레이터 매쉬의 텍스처에 영상을 재생하는 이미지

[Fig. 10] An image that plays the image in the texture of the mapping generator mesh

3.2 확장현실 콘텐츠에서의 활용

본 연구를 통해 구축된 매핑 제너레이터는 확장현실 기술과 연계되어 다양한 분야에서 응용되고 콘텐츠 간의 융합적 구조를 이루게 된다. 특히 홀로렌즈를 사용한 확장현실 콘텐츠는 증강현실 기술을 기반한 사례가 다수 연구되고 있으며 현실 공간에서 구현된 인터랙티브 콘텐츠로도 구축이 가능하다. 이는 일반 미디어 콘텐츠와 비교하면 사용자의 실재감과 몰입감이 높은 것으로 보인다. 홀로렌즈에서 구현되는 콘텐츠는 사용자의 체험 정도에 따라 연출방식의 차이점이 발생하게 된다. 홀로렌즈의 매체적 특성으로 현실공간과 연계가 높은 콘텐츠가 사용자 인터랙션에 있어 중요한 작용을 한다. 여기서 현실 공간은 가상의 이미지로 사용자가 창작한 공간에 대한 연출이 포함된다. 첨단영상 기술이 부족한 작가는 특정 공간에 매핑된 작품에 확장현실 기반의 인터랙션 구현을 효율적으로 표현할 수 있게 된다.

4. 결론

본 논문에서 제안한 프로젝션 매핑 제너레이터는 첨단 영상기술의 학습이 부족한 작가에게 확장현실 기반의 하드웨어와 소프트웨어를 사용하는데 있어 창작의 어려움과 요구되는 제작과정을 효율적으로 만들어 새로운 창작물의 제작 기회를 주게 된다. 프로젝션 매핑 작업시 초기의 설정 과정에서 영상이 투사되는 현실 공간의 오브제나 빔 프로젝트의 위치가 변동이 발생할 시에 콘텐츠 체험에 있어 이질감을 주게 된다. 그래서 캘리브레이션 작업을 수행하는데 외부 상용 프로그램의 연구를 진행하는 것과 비교하면 매핑 제너레이터가 구축된 상황에서 효율적인 접근이 가능하게 된다. 영상이 투사되는 오브제의 형태와 위치에 적합한 메쉬 구조를 적용하고 세밀한 정점의 변화를 제어할 수 있게 하여 매핑된 콘텐츠의 왜곡을 줄이고 확장현실 콘텐츠를 제작하게 된다. 본 논문은 프로젝션 매핑 프로그램 중 상용화된 툴의 특징 분석을 하여 정점의 이동을 통한 메쉬 구조의 변화와 제어를 진행할 수 있는 매핑 제너레이터를 개발 및 연구하였다. 이는 확장현실 콘텐츠 창작을 효율적으로 진행하기 위한 기반으로 제안하며 홀로렌즈의 증강현실 기술 등의 확장현실 콘텐츠 제작 기술을 적용하여 고도화하는 솔루션으로 발전되기를 기대한다.

References

- [1] B. H. Choi, "Masking Projection Mapping System for Performing Art", Master's thesis, The Graduate School of Media, Soongsil University, Republic of Korea, 2012. [Online]. Available: <http://oasis.ssu.ac.kr>.
- [2] Projection Mapping Central, "Software", [projection-mapping.org](https://projection-mapping.org/software), <https://projection-mapping.org/software>, (accessed October 1, 2022).
- [3] I. J. Jo, "Design of User-Friendly Projection Mapping Tool Supporting Multimedia", Master's thesis, The Graduate School of New Media, Seoul Media Institute of Technology, Republic of Korea, 2017. [Online]. Available: <http://www.riss.kr/link?id=T14760285>.
- [4] H. J. Lee, H. G. Kim, "A Study on Object Movement Responding Projection Mapping", *Journal of Digital Contents Society*, vol. 22, no. 9, September 2021, pp. 1459-1466, doi: 10.9728/dcs.2021.22.9.1459.
- [5] S. H. Lee, M. S. Kim, "The Systematization of Media Mapping for Conceptualization and Identification on Terminologies through its Elements", *The Treatise on The Plastic Media*, vol. 21, no. 3, pp. 212-219, August 2018, pp. 897-904.
- [6] MadMapper, "Guides", [madmapper.com](https://madmapper.com/madmapper/tutorials), <https://madmapper.com/madmapper/tutorials>, (accessed October 1, 2022).
- [7] Resolume, "Resolume Video Training", [resolume.com](https://resolume.com/training), <https://resolume.com/training>, (accessed October 1, 2022).
- [8] S. Noh, J. J. Lee, J. W. Park, "Implementation of Real-time VJing System for Live Projection Mapping Performance", *The Journal of the Korea Contents Association*, vol. 13, no. 6, pp. 55-66, doi: 10.5392/JKCA.2013.13.06.055.
- [9] Projection Mapping Central, "VPT - Video Projection Tools", [projection-mapping.org](https://projection-mapping.org/vpt/), <https://projection-mapping.org/vpt/>, (accessed October 1, 2022).
- [10] J. Y. Kim, J. H. Song, J. H. Park, J. Nam, S. H. Yoon, S. H. Park, "Mixed Reality Extension System Using Beam Projectors : Beyond the Sight", *Korea Computer Graphics Society*, vol. 25, no. 3, pp. 65-73, doi: 10.15701/kgcs.2019.25.3.65.