

원통형 곡면상으로의 투영과 상호작용 기법에 관한 연구

성보경, 이아름, 최은정, 강은영, 김동호
송실대학교 미디어학부
{ivsinger, ardino, swallow-m, achwkey, dkim}@ssu.ac.kr

A study on the projection and interaction methods onto the cylindrical surface

Bokyung Sung, Ahreum Lee, Eunjung Choi, Eunyong Kang, Dongho Kim
School of media, Soongsil University

요약

최근 다양한 분야(건축, 디자인, 영화관)에서 활용되는 디스플레이 기술들은 대체로 평면에 투영하는 프로젝션 기술을 사용하고 있다. 예외적으로 평면이 아닌 곡면에 투영하는 경우도 있었으나, 기술적인 제약으로 왜곡된 영상을 보정하여 사용하는 경우는 드문 상태이다. 그리고 상호작용의 경우는 기계적 장치에 의존한 초보적 형태가 주류를 이루고 있다.

본 논문에서는 프로젝션 기술 중에서 원통형 곡면상으로의 투영 기법과 모션인식을 반영한 상호작용 기법에 대해서 논하고자 한다. 3D 영상을 곡면에 왜곡 없이 투영하기 위하여, 본 논문에서는 '2-pass 렌더링' 기법을 이용하였다. 이 기법에서는 현재 렌더링 된 영상을 텍스처로 저장한 다음 원통형 물체에 매핑시켜 곡면에 적합한 영상으로 보정한다. 그리고 기계적 장치에 의존하지 않는 상호작용을 위해, 카메라를 통하여 실시간으로 사용자 정보(위치, 방향 값)를 입력 받아 원통형 스크린과 매칭되는 좌표 값을 계산한다.

위와 같은 기법들을 구현하기 위한 실험으로 미디어 아트 작품을 제작하였으며, 투영과 상호작용에 관한 알고리즘을 작품에 적용하였다. 이 작품은 하나의 프로젝터를 사용하여 1/4 원통형 곡면으로의 투영과 상호작용을 수행하였다.

본 연구의 결과는 미디어 아트 작품의 프로젝션 모듈로 사용 될 수 있으며, 공연장 건축, 실내디자인, 체감형 인터랙티브 게임, 가상현실 영화관 등 다양한 분야에 적용 될 수 있다.

Keyword : cylindrical surface, projection, 2 pass rendering, render to texture, interaction

1. 서론

최근 다양한 분야에서 대형 디스플레이 기술을 활용하고 있다. 특히 건축과 디자인 분야에서 많은 예들을 찾아 볼 수가 있는데, 최근에 지어진 대형 건축물들에 설치된 작품들의 많은 수가 디스플레이를 활용한 뉴미디어 아트 작품이다.

이렇게 많이 활용되는 디스플레이 하드웨어는 최근 점차 대형화하는 추세를 보이고 있다. 그런데 하드웨어의 특성상 모니터 형태의 디스플레이 기기는 크기를 늘리는데 한계 있으므로 중,대형의 디스플레이를 위해서는

모니터 형태의 디스플레이 대신에 프로젝터 기기를 이용하게 되었다. 대형 프로젝션 기술을 가장 많이 사용하고 있는 분야를 꼽으라고 한다면, 뉴미디어 분야를 들 수 있을 것이다. 이제는 전시회나 공연장에서 대형 스크린을 활용하지 않는 곳이 없으며, 예술계에서도 뉴미디어 기술을 활용한 아트 작품에서 디스플레이는 기본적인 표현 수단으로 여겨지고 있다.

이처럼 대형 프로젝션 사용이 늘어나면서 새로운 요구 사항이 생기게 되었는데 그 중에서도 가장 큰 요구 사항으로 두 가지를 들 수 있다.

첫째, 다양한 형태의 프로젝션이다. 게임과, 영화 분야에서 사용자에게 좀 더 많은 몰입감을 주기 위해 평면이 아닌 곡면 형태의 프로젝션하기를 원한다.

둘째, 디스플레이 기기를 통해 보여지는 영상 콘텐츠가 인터랙티브 특성을 지니게 하는 형태이다. 디스플레이를 통해 보여지는 기존의 영상 콘텐츠는 미리 만들어진 영상을 보여주는 형태였지만, 인터랙티브가 포함된 영상을 요구하는 시점에서는 영상 콘텐츠 역시도 새로운 형태를 보여주기 원한다.

위의 요구사항에 대한 기존의 연구가 진행 되어 오고 있으며, 여러 가지 방법들이 제안되고 있다. 본 논문은 2-Pass 렌더링 방법을 통한 원통형 곡면상에서의 투영 할 수 있는 알고리즘과, 투영되는 영상 콘텐츠가 외부 요소들과 상호작용하며 실시간으로 렌더링 될 수 있는 방법을 제안한다.

2. 개 요

본 논문이 제한하는 방법에 대한 구현을 위해 두 가지 실험을 하였다.

첫째, 1/4 원통형 곡면상으로 왜곡 없이 투영하는 방법에 대한 실험이다. 2-Pass 렌더링 방법을 이용하여 1/4 원통형 곡면상으로 투영시켰다. 이 방법을 통해 광각렌즈를 설치한 3 대의 프로젝터 기기를 이용하여 원통형 곡면상으로도 왜곡 없이 투영 가능하다.

둘째, 투영되는 영상과 외부적 요소가 인터랙션 할 수 있는 상호작용에 관한 실험이다.

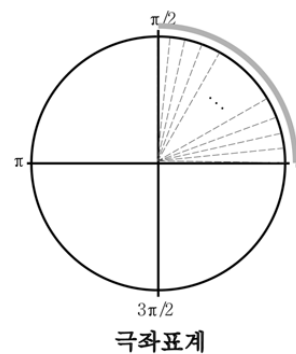
실시간 렌더링의 변화 요소로 사용 되는 것이 사람의 움직임이다. 1/4 원통형 스크린 앞에 서 있는 사람의 손 움직임을 인식하여 그 결과 값이 실시간 렌더링에 영향을 주도록 하였다.

3. 3차원 공간의 구성

실제 곡면 스크린에 투영되는 영상의 생성을 위해 우선적으로 3D 공간상에 실제공간과 동일한 환경을 구성 해야 한다. 구성에서 주의할 점은 실제 공간의 1/4 원통형 스크린과 프로젝터 기기의 거리 비율과 방향을 3D 공간상에 위치한 1/4 원통형 모델과 3D 카메라에 일치 시켜야 한다는 점이다.

(1) 실린더 생성

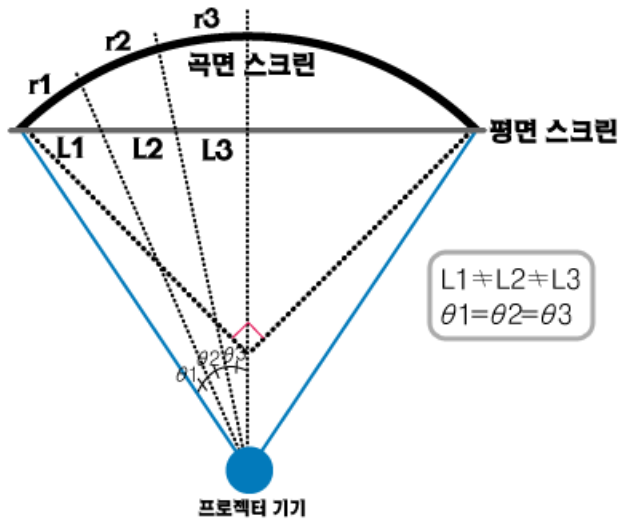
실험에서 사용되는 곡면은 1/4 원통형의 내부면이다. 1/4 원통형 곡면은 정점버퍼(Vertex buffer)를 이용하여 생성하였다.



[그림 1] 기하학 모형

[그림 1]은 원통형 모델을 위에서 바라본 것이다. 실험은 전체에서 1/4 부분(90 도)만 필요로 한다. 여기서 사용하게 되는 1/4 원통형 안쪽 면이 기본 영상이 맵핑 되는 부분이다.

(2) 곡면 투영의 기본 원리



[그림 2] 1/4 원통형 곡면상으로 투영원리

1/4 원통형 곡면에 왜곡 없이 투영시키는 기본 원리는, 평면 스크린에 렌더링 된 영상을 원통형 곡면으로 투영 시키는 것이다.

원통을 [그림 2]와 같이 등각으로 분할하였을 경우에 원통상의 각 부분(r_1 , r_2 , r_3)이 평면스크린상으로 투영된 부분들은 더 이상 같은 길이를 나타내지 않는다. 투영된 위치는 원통을 나타내는 방정식과 프로젝터의 위치로부터 구할 수 있으며, 이 값들이 렌더링 단계에서 원통의 각 부분에 해당하는 텍스처 좌표를 나타내게 된다. 여기서 사용되는 프로젝터의 위치는 일정한 패턴을 곡면상에 테스트하면서 복원할 수 있다.

4. 렌더링

렌더링 과정은 크게 두 개의 렌더링 패스로 나뉘 진다.

첫째, 1/4 원통형 안쪽 면의 텍스처로 사용될 영상을 텍스처에 맞게 렌더링한다. 이것이 첫번째 패스이고 텍스처로의 렌더링 하는 과정이다.

둘째, 첫 번째 과정에서 출력되는 영상을 1/4 원통형 모델의 안쪽 면의 텍스처로 맵핑 시키고 그것을 렌더링한다. 이것은 프레임 버퍼로 렌더링 하는 과정이다. 여기서 나오는 프레임들이 최종 출력영상이 된다.

(1) 첫 번째 패스 : 텍스처로의 렌더링

텍스처로 렌더링 하는 작업은 첫 번째 렌더링 과정이다. 외부 환경 요소를 반영해 실시간 렌더링 되고 있는 3D 애니메이션을 1/4 원통형 안쪽의 텍스처로 사용하기 위해 일정한 버퍼에 저장 하는 것이다. 이 부분은 2-pass 렌더링에서 1-pass 렌더링에 해당하는 부분이다.

렌더링 대상을 원래의 애니메이션으로 돌리기 위해서 후면버퍼(Backbuffer)에 원래 상태의 컬러 버퍼(Color buffer)와 깊이 버퍼(Depth buffer)를 가리키는 포인터를 저장해놓는다.

애니메이션과 실린더 맵핑 결과의 뷰포트가 다를 경우를 위해서, 뷰포트의 포인터를 저장한다. 텍스처 생성이 끝나면 렌더링 타깃을 되돌려야 한다.

(2) 두 번째 패스 : 프레임 버퍼로의 렌더링

두 번째 패스는 첫 번째 패스에서 렌더링된 텍스처를 1/4 원통형의 안쪽 면에 맵핑하는 과정이다. 1/4 원통형 안쪽 면을 위한 텍스처 버퍼(Texture Buffer)에는 첫 번째 렌더링의 결과물이 저장된다. 첫 번째 패스의 과정이 실시간으로 렌더링 되고 있기 때문에 텍스처 버퍼의 내용도 실시간으로 바뀐다. 즉, 맵핑이 되고 텍스처 버퍼의 데이터가 바뀌기 전에 최종 출력을 위한 두 번째 렌더링 작업이 이루어 져야 한다. 여기서 렌더링 된 결과물은 프레임 버퍼에 저장이 되고 최종적으로 출력이 된다.

두 번째 렌더링 작업을 위해 지켜줘야 할 점은 3D 카메라의 위치 조절이다. 3D 공간에서 기하학 도형과 3D 카메라의 거리와 위치 비율은 실제 환경의 투영면과 프로젝터의 그것과 같아야 한다. 다시 말해 3D 카메라의 위치를 정확하게 할수록 실제 환경과의 갭이 줄어드는 것이다.

5. 상호작용

인터랙티브 한 영상을 실시간 렌더링 하기 위해 필요한 것은 외부 환경요소에 대한 반영이다. 이 실험에서는 사람의 움직임을 파악하고 그 것을 실시간 렌더링 요소로 사용하였다.

(1) 사용자의 동작 인식

카메라 한 대 만을 이용하여 사용자의 움직임을 인식했다. 카메라는 사용자 위쪽에 위치 시켜 2 차원적인 움직임을 인식 요소로 사용 했다. 인식을 위한 영상처리 부분은 OpenCV 라이브러리를 사용한다. OpenCV 라이브러리는 공개형 컴퓨터 비전 라이브러리로 실시간 영상처리를 효율적으로 해준다는 장점이 있다.

(2) 움직임의 추출

사용자의 움직임이 실제 환경의 스크린과 인터랙션 할 수 있는 방법으로 손을 통한 공격모션 형태를 사용 하였다.

천장에 설치된 카메라는 실시간으로 입력 받는 영상에서 사용자의 손을 추출한다. 사용자의 손은 주변 색과 다르다는 가정하에서 출발 하였다. 순수한 살색은 카메라나 빛의 영향을 비교적 많이 받게 되므로, 이 실험에서는 손에 주황색 인식마크를 장착하여 손 움직임 추출의 정확도를 높였다.

(3) 손 공격 모션의 결정

실시간으로 입력되는 카메라 영상에서 공격모션과 흡사한 사용자의 손 동작을 추출하기 위해서, 영상의 공간을 외부영역과 공격영역으로 구분하였다. 바닥에 회색의 프레임을 둘러 프레임 내부는 인지영역으로 판단하고 그 외의 지역은 공격 영역이라 판단한다.

추출된 주황색 중 특정 크기 범위를 가지면서 인지 영역 내부에 위치한 것이 사람의 손이라고 판단 한다. 주황색으로 인식된 영역의 중심 점을 P 라 정의할 때, 인지영역 내부에 있는 점을 P1, 외부영역에서 인지된 점을 P2 라고 한다. P1 에서 P2 로 위치가 변하는 순간은 사람의 손이 움직인 것으로 판단되어 손의 움직임으로 인정된다. 이 때, 두 정점간의 이동 속도의 차이가 일정치 이상일 때만을 손 공격 모션으로 판단된다.

(4) 투영 공간으로의 좌표 변환

위의 과정을 거치면 P1 과 P2 의 2 차원적인 x, y

좌표 값을 얻을 수 있다. 이를 이용하여 두 정점간의 기울기 값을 구하면, 원통형 투영 공간과 만나게 되는 한 점을 찾을 수 있는데, 이 점이 위의 [그림 3]에 있는 공격지점(Matching Point)이다. 이 점의 정보는 실시간 렌더링 되는 영상에서 마우스의 클릭 이벤트와 같은 효과를 발생시킨다. 즉, 관객이 공격을 발생시키는 지점인 것이다. 이 공격지점은 곡면이 휘어진 정도에 따라 달라지게 되는데, 이는 투영 공간의 설치 거리와 각도를 이용하여 계산되기 때문이다. 본 논문을 위한 실험에서는 한대의 카메라를 이용 했기 때문에 원통형 투영면에서 1 차원 형태인 가로 방향(x 축)으로만 공격지점이 결정된다.



[그림 3] 공격모션 인식 모형도

6. 결 과

위에서 제안한 2 가지 방법에 대한 결과물은 실험을 위해 제작하였던 작품을 통해서 구현 하였다. 실험을 위해 사용되었던 환경은 다음과 같다.

- CPU : Intel Pentium 4 CPU 2.66GHz

- Memory : 512RAM

- Graphic Card : ATI Radeon 9800 Pro

프로그램은 DirectX 9.0c SDK August2005 의 기술을 기반으로 구현되었다.

(1) 곡면위로의 투영 결과

실제 공간의 스크린 (1/4 크기의 원통형 안쪽 면)에 투영하게 될 최종 3D 애니메이션은 3D 카

메라에서 출력되는 영상이다. [그림 4]는 2-Pass 렌더링 과정을 거쳐서 출력되는 영상이다.



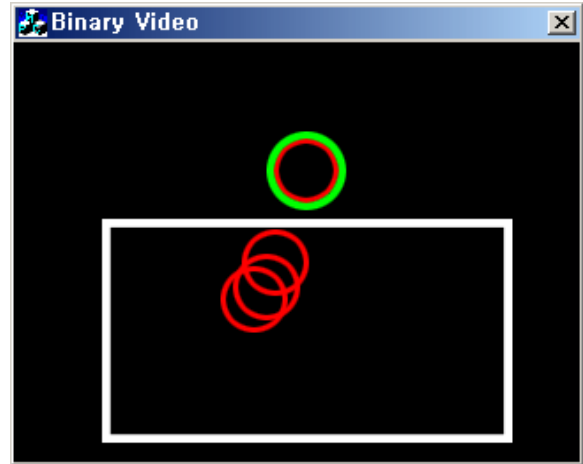
[그림 4] 출력 영상의 결과

이 영상이 실제 스크린에 투영 되게 되면, 검은색 부분은 상이 맞치지 않고 영상 부분만 상이 맞치게 된다. 위의 결과는 프로젝터 기기를 천장에 설치한 경우의 결과이다.

(2) 상호작용의 결과

상호 작용의 최종 결과는 손의 움직임을 분석하여 계산된 투영면 위의 공격점 위치 값이 된다. 위에서도 언급 하였듯이 이 실험에서는 움직임 인식을 위해 한대의 카메라를 사용했기 때문에 투영면 상에서는 1 차원 형태인 가로 방향(x 축)으로만 공격점을 찾을 수 있게 된다.

[그림 5]은 카메라를 통해 입력된 움직임 촬영 영상을 이진화 처리하고, 움직임을 쉽게 파악할 수 있게 빨간색 원과 파란색 원을 통해서 보여주는 중간과정 장면이다. 결과적으로 파란색 원은 공격발생지점이 되고, 이 지점을 중심으로 투영면 위의 공격지점을 찾아냈다.



[그림 5] 손 인식 이진화 영상

7. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문은 다양한 분야(건축, 디자인, 영화관, 미디어아트)에서 활용될 수 있는 곡면으로의 투영과, 실시간 3D 애니메이션의 렌더링에 외부요소를 반영 할 수 있는 상호작용 부분에 대한 방법을 제안 하였다. 이 방법에 대한 구현을 위하여 실험적 형태의 뉴미디어 아트 작품을 제작하였다. 구현된 결과물을 통해 다양한 가능성을 발견하였다. 고사양의 하드웨어를 사용하지 않고도 곡면위로의 투영과 상호작용 기술의 구현이 되었기 때문에 이러한 기술을 응용한 연구 분야, 뉴미디어 아트 작품 제작에 광범위하게 활용 될 수 있을 것이다.

향후 연구 방향은 본 논문에서 제시한 실험의 확장이다. 현재의 실험은 1/4 원통형 곡면상으로의 투영이 되는 상태이다. 이것을 전체 원통형 곡면상으로 투영시켜 좀 더 몰입감 있게 하는 것이다. 이를 위해서 필요로 하는 다양한 연구가 생길 것이다.

첫째, 2 개 이상의 프로젝터 기기를 사용하여 투영했을 때, 이음새 부분이 매끄럽게 이루어 질 수 있도록 하는 연구이다.

둘째, 각 프로젝터 기기는 각각의 컴퓨터와 연결 되므로, 컴퓨터간 동기화시켜 하나의 이미지로 렌더링 될 수 있도록 하는 네트워크 분야의 연구이다.

셋째, 단순한 움직임의 인식뿐만 아니라, 실시

간 영상의 렌더링 요소로 사용될 수 있는 여러 가지 상호작용 요소에 대한 연구이다.

이러한 연구의 결과는 체감형 시스템과, 몰입형 시스템에 이용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 켈리 뎀스키, DirectX 실시간 렌더링 실전 테크닉, 정보문화사.
- [2] 타카시 이마기레, DirectX9 셰이더 프로그래밍, 한빛 문화사.
- [3] 김주섭, 김재희, “ 동영상에서 얼굴인식을 위한 얼굴영역 검출에 관한 연구,” pp.2
- [4] Randy Crame, 최형일, 이근수, 이양원 공역, 영상처리 이론과 실제, 생능 출판사.
- [5] Open Source Computer Vision Library Reference Manual (1999). <http://www.intel.com>
- [6] Directx SDK Document “HRD Cube Map”, DirectX 9.0c SDK August2005, Microsoft
- [7] Directx SDK Document “Multi Animation”, DirectX 9.0c SDK August2005, Microsoft