

3차원 컴퓨터 그래픽스 모델에서 동영상의 반사 효과를 고속으로 처리하는 방법

A Method to Rapidly Process the Reflection Effect of Moving Pictures in 3 Dimensional Computer Graphics Models

이승희, 이건명

충북대학교 전기전자컴퓨터공학부, AITrc

E-mail: shlee@aicore.cbnu.ac.kr

요 약

3차원 컴퓨터 그래픽스에서는 3차원 모델의 표면이 유리나 거울과 같이 반사 특성을 갖는 경우, 반사 효과를 반영하여 렌더링(rendering)하게 된다. 3차원 모델에서 동영상이 물체 표면에 반사되는 경우, 반사 특성을 갖는 3차원 모델의 표면은 동영상의 변화에 따른 반사 영상이 표현되도록 해야 한다. 3차원 컴퓨터 그래픽스에서 사용하는 반사 모델을 이용하여 동영상의 반사 영상을 렌더링하게 되면 처리시간이 많이 걸리게 되므로 고성능 하드웨어의 지원이 필요하다. 본 논문에서는 3차원 컴퓨터 그래픽스에서 3차원 모델에서 반사 특성을 갖는 표면에 동영상의 반사 영상을 고속으로 생성하는 방법을 제안한다.

Key Words : 컴퓨터 그래픽스, 렌더링, 동영상 매핑, 텍스처 매핑, 반사 효과

1. 서 론

오늘날 컴퓨터 기술의 발달로 인하여 현실 세계에서 보이는 것과 같은 3차원 모델을 컴퓨터 그래픽스 기술을 사용하여 구현할 수 있게 되었다. 3차원 모델을 교육, 의료, 건축 및 항공 설계, 게임, 시뮬레이션, 엔터테인먼트 등 다양한 분야에서 사용되고 있다.[1]

컴퓨터 그래픽스 기술을 통해 3차원 모델을 재현하여 사람들이 현실 세계에서 보이는 것과 같이 느낄 수 있게 하려면, 현실 세계에서 빛이 어떤 물체에 반사되어 사람의 눈에 보이는 원리를 사용한 광선 추적이라는 방법을 사용해야 한다. 그러나 이 방법은 매우 많은 계산량과 시간을 요구하므로 현실적으로는 사용할 수 없다.

광선 추적 방법의 대안으로 환경 매핑이나 스텐실 버퍼를 사용한 반사 효과 등 다양한 컴퓨터 그래픽스 기술들이 소개되어 왔다. 현재 컴퓨터 그래픽스 기술에서 반사 효과를 재현하기 위해 사용되는 대표적인 방법으로는 환경 매핑(Environment mapping)과 스텐실 버퍼(Stencil Buffer)를 사용한 평면 반사 효과가

있다.

환경 매핑은 3차원 공간의 중심에서 주변 환경을 반사시키는 반사 표면을 갖는 3차원 모델을 재현하기 위해서 사용되는데, 평면과 같은 모델에 주변 환경이 반사되는 효과는 재현할 수 없다. 스텐실 버퍼를 사용한 평면 반사 효과는 환경 매핑으로 재현할 수 없었던 평면 반사 효과를 컴퓨터 그래픽스에서 사용되는 특수한 버퍼인 스텐실 버퍼를 사용하여 재현할 수 있다.

동영상을 출력하는 모델을 반사하는 3차원 모델을 렌더링 하기 위해서는 앞에서 설명한 환경 매핑이나 스텐실 버퍼를 사용한 평면 반사 효과를 적용한 경우, 출력되는 동영상의 각 장면에 대응하는 정지 영상의 크기나 수가 많으면 모델 표면에 반사 되는 영상을 매핑하기 위한 계산 부담이 커지게 된다. 이러한 3차원 모델을 렌더링 하기 위해서는 고성능의 그래픽 전용 하드웨어가 지원되어야 한다.

따라서 본 논문에서는 3차원 컴퓨터 그래픽스에서 특정한 입체 표면에 텔레비전과 같은 동영상이 표시되는 상황에서 반사 특성이 있는 표면들에 동영상이 반사되는 효과를 적은 계산량으로 구현하는 방법을 제안한다. 먼저 2절에서는 현재 알려져 있는 반사 효과와 관련된 연구들을 보여주고, 3절에서는 동영상의 반사 효과

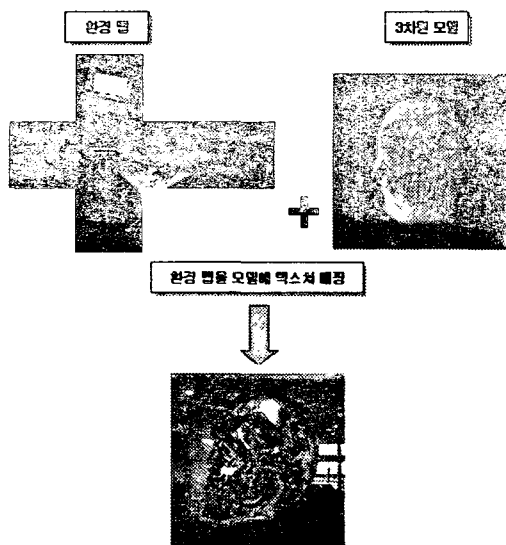
이 연구는 AITrc를 통해서 과학재단 지원으로 수행된 것임.

과를 고속으로 처리할 수 있는 방법을 설명한다. 4절에서는 제안된 기법의 성능에 대해서 평가하고, 끝으로 5절에서는 결론과 향후 과제를 소개한다.

2. 관련 연구

컴퓨터 그래픽스에서는 유리나 거울과 같이 반사 특성을 갖는 3차원 모델을 렌더링하기 위해서 환경 매핑이나 스텐실 버퍼를 사용한 반사 효과를 사용한다.

환경 매핑은 광선 추적을 사용하지 않고, 3차원 공간 중심에서 주변 환경을 반사시키는 표면을 갖는 모델을 렌더링하기 위한 방법이다 [2]. 환경 매핑을 사용하여 반사 효과를 재현하기 위해서 먼저, 반사 표면을 갖는 모델을 중심으로 주변의 6방향(상, 하, 전, 후, 좌, 우)에 대응하는 영상을 얻어내고, 얻어낸 6가지 영상을 사용하여 환경 맵을 만들어서 모델의 표면에 텍스처 매핑을 시킨다. [그림 1]은 환경 매핑의 원리를 보여준다.

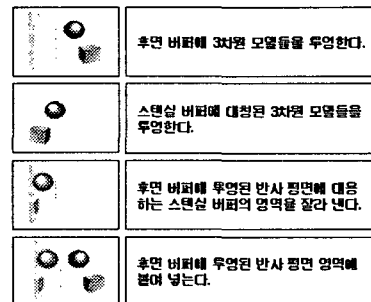


[그림 1] 환경 매핑

환경 매핑으로는 거울과 같은 평면의 반사 특성을 갖는 3차원 모델을 렌더링 할 수 없다 [1]. 이러한 문제점의 대안으로 스텐실 버퍼를 사용한 평면 반사 효과가 있다. 이것은 현실 세계의 거울이 거울 평면을 중심으로 주변 환경을 반대로 비춰주는 특성을 반영한 것으로서 컴퓨터 그래픽스에서 사용되는 특수한 버퍼인 스텐실 버퍼라는 것을 사용하여 반사 효과를 재현한다.

스텐실 버퍼를 사용하여 반사 효과를 재현하기 위해서는 먼저, 화면에 출력되는 영상을 얻기 위한 후면 버퍼에 3차원 모델들을 투영하

고, 평면의 반사 특성을 갖는 모델을 기준으로 하여 3차원 모델들을 거울에 비춰지듯이 원래의 위치와 대칭되도록 스텐실 버퍼에 투영한다. 다음으로 후면 버퍼에 투영된 영상에서 반사 효과가 반영될 영역에 대응하는 스텐실 버퍼의 영역을 후면 버퍼에 투영한다[3,4]. [그림 2]는 스텐실 버퍼를 사용한 평면 반사 효과를 재현하는 원리를 보여준다.



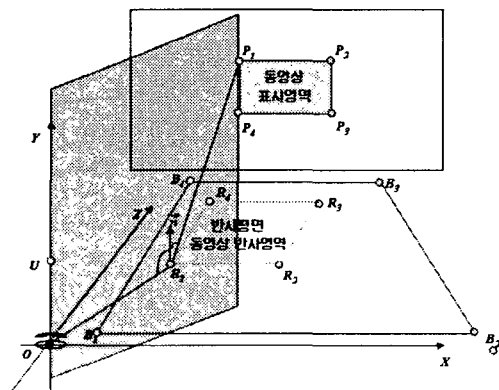
[그림 2] 스텐실 버퍼를 사용한 평면 반사 효과

이렇게 재현되는 평면 반사 효과는 반사 평면에 비춰지지 않더라도 후면 버퍼와 스텐실 버퍼에 3차원 모델 전체가 각각 투영되므로 일반적인 렌더링 보다 두 배의 계산량이 필요하다.

3. 제안한 방법

본 논문에서는 3차원 모델에서 동영상의 반사 표면에 반사되는 효과를 빠르게 처리하는 방법을 제안한다. 3차원 모델에서 동영상의 재현과 반사 효과의 표현을 위해서 동영상의 출력되는 모델의 네 꼭지점들에 대해서 이들이 각 반사 평면의 어떤 위치에 대응되는지 계산한 다음, 동영상을 구성하는 정지 영상들을 프레임 속도에 따라서 동영상 표시 영역에 텍스처 매핑을 하여 동영상이 재현되는 효과를 구현한다.

3.1 반사 영역의 꼭지점 좌표 계산 방법



[그림 3] 반사 평면에 동영상의 반사 영역을 매핑하는 방법

반사 평면에 대해서는 반사되는 평면 별로 동영상의 표시 영역 꼭지점에 대응하는 점들을 사각형의 꼭지점으로 하는 영역에 프레임 속도에 맞춰 해당 정지 영상을 텍스처 매핑하여 반사 효과를 구현한다. 이러한 처리 결과를 일반 컴퓨터 그래픽스의 렌더링 모듈에 적용하면, 동영상 재현과 함께 반사 평면상에서 동영상의 반사 효과가 실현된다.

$$\frac{\vec{OR}_i \cdot \vec{n}}{OR_i} = \frac{\vec{PR}_i \cdot \vec{n}}{PR_i}$$

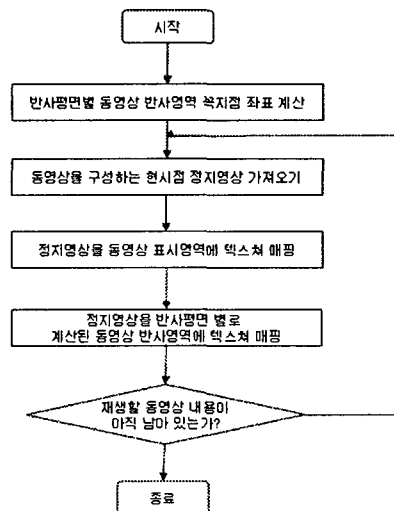
$$(\vec{OR}_i \times \vec{OU}) \cdot \vec{OR}_i = 0$$

$$(\vec{B_1B_2} \times \vec{B_1B_4}) \cdot \vec{B_1R_i} = 0$$

[식 1] 반사 평면 꼭지점 좌표 결정 공식

[그림 3]에서 보이는 것과 같이 관찰자 시점 O 를 원점(0, 0, 0)으로, 관찰자 시점의 상향벡터 방향의 좌표값을 U 로 한다. 이들 두 점과 동영상 표현 영역의 한 꼭지점 P_i 를 지나는 평면과 점 B_1, B_2, B_3, B_4 등을 지나는 반사특성이 있는 평면이 만나는 곳들 중에서 P_i 로부터 입사되어 O 로 출사하는 것 중에서 입사각과 출사각의 크기가 동일한 점이 P_i 에 대응하는 점 R_i 가 된다. [식 1]은 동영상 표시 영역의 꼭지점 P_i 에 대응하는 R_i 의 좌표를 결정하는 식을 나타낸 것이다.

3.2 반사 영역 텍스처 매핑 방법



[그림 4] 제안한 방법을 사용한 동영상 모델 렌더링 절차

동영상이 재현되는 평면의 영역에 대해서 해당 영역의 꼭지점들이 각 반사 평면별로 어떤 위치에 대응되는지 좌표를 계산한다. 동영상은

프레임 속도에 맞춰 일련의 정지 영상을 보여 주는 형태로 실현된다. 이때 현재 시점에서 보여줄 동영상의 정지 영상을 획득한다. 동영상의 재현 효과를 구현하기 위해서 이전 단계에서 획득한 정지 영상을 동영상 표시 영역에 텍스처 매핑을 한다. 다음으로 해당 정지 영상이 반사 특성이 있는 평면상에 반사되어 비춰지도록 하기 위해서 반사 평면 별로 미리 계산한 동영상 표시 영역의 꼭지점에 대응하는 점을 꼭지점으로 하는 영역에 해당 정지 영상을 텍스처 매핑한다. 재현한 동영상의 내용이 남아 있으면 위의 과정을 반복하고, 재현할 내용이 없으면 알고리즘을 종료한다.

4. 제안된 방법의 성능 분석

본 논문에서 제안한 방법은 3차원 컴퓨터 그래픽스에서 동영상을 특정 표면에 재현 시키면서 이 동영상이 반사 특성이 있는 표면에 비춰지는 효과를 구현함에 있어서, 시점이 고정된 상태에서는 반사 평면 별로 4개의 대응 좌표값만 계산한 다음 단순한 텍스처 매핑으로 동영상의 재현 및 반사 효과를 구현할 수 있다.

이 방법을 사용하여 전체 3차원 모델이 약 10,000개의 정점으로 구성되고, 그 중 동영상 출력되는 모델이 반사 평면에 반사되는 효과를 렌더링 한 경우, 1초당 약 60프레임 가까이 렌더링이 되었다. 이것은 3차원 모델에 아무런 특수 효과를 반영하지 않고 렌더링 한 것과 비슷하다. 그러나 현재까지 알려진 방법 중에서 스텐실 버퍼를 사용한 평면 반사 효과를 같은 모델에 대해서 사용한 경우, 1초에 약 30프레임이 렌더링 되었다. 제안된 방법은 지금까지 알려진 평면 반사 효과와 같은 영상 출력 결과를 얻으면서 적은 계산량을 사용하여 보다 빠른 렌더링을 하였다.

5. 결론 및 향후 과제

3차원 컴퓨터 그래픽으로 재현된 모델의 품질을 결정하는 중요한 요인은 3차원 모델로부터 현실 세계와 같은 현실감을 느끼게 하는 것과 모델을 빠르게 렌더링 하는 것이다. 사람들이 3차원 모델을 현실에 가까운 것으로 느끼게 하기 위해서는 그래픽 처리를 위한 많은 계산량이 요구됨으로 고성능의 그래픽 하드웨어가 필요하다.

제안한 방법을 사용하면 단순한 소수의 좌표 계산과 텍스처 매핑으로 동영상의 재현 및 반

사 효과가 구현되므로 계산 부담이 크지 않다. 따라서 고성능의 그래픽 전용 하드웨어 지원이 없는 환경에서도 동영상을 포함한 3차원 컴퓨터 그래픽스를 효과적으로 활용할 수 있다.

차후의 연구로는 반사 특성을 갖는 곡면의 3차원 모델 표면에 동영상을 출력하는 모델이 반사되는 효과를 적은 계산량을 사용하여 빠르게 렌더링 하는 것이 남아 있다. 이 논문에서는 반사 평면에 반사되는 동영상 모델의 네 꼭지점을 사용하여 반사 평면에 비춰지는 네 정점을 얻고, 그 정점으로 구성된 사각형에 동영상의 각 프레임에 해당하는 정지 영상을 출력함으로써 적은 계산량을 사용하면서 현재까지 알려진 평면 반사 효과를 그대로 재현하고, 반사 효과를 빠르게 처리하는 방법을 제안하였다.

참 고 문 헌

- [1] Kasper Hoy Nielsen, Niels Jorgen Christensen, "Real-Time Recursive Specular Reflections On Planar and Curved Surfaces Using Graphic Hardware", Journal of WSCG, vol. 10, no. 3, pp.91-88, 2002.
- [2] MSDN(Microsoft Developer Network), <http://msdn.microsoft.com/>
- [3] Mark J.Kilgard, "Improving Shadows and Reflections via the Stencil Buffer", <http://developer.nvidia.com/attach/6641>, 1999.
- [4] Mark J.Kilgard, "Creating Refelctions and Shadows with Stencil Buffers", GDC 99, 1999.
- [5] Rui Bastos, Wolfgang Stuerzlinger, "Forward Mapped Planar Mirror Reflections", University of North Carolina at Chapel Hill, Computer Science Technical Report TR98-206, 1998.