

효율적인 실시간 3차원 수묵화 렌더링 기법

오승연, 양홍택, 서세왕, 김선민, 김동호
숭실대학교 미디어학부
{ekin82, seabird845, siroco00, red159, dkim}@ssu.ac.kr

Efficient Real-time 3D Sumi-e Painting

Seungyeon Oh, Hongtaeg Yang, Sewang Seo, Sunmin Kim, Dongho Kim
School of media, Soongsil University

요약

본 논문에서는 기존의 연구에서 여러 단계를 거쳐 복잡한 연산을 한 후에 수묵화 표현이 가능했던 것과 달리 기존에 요구되었던 채색과정을 줄임으로써 렌더링의 효율을 높인 실시간 3차원 수묵화 기법을 제안한다.

본 논문에서 제안된 기법은 모델이 보여지는 방향에 따라 다른 조명 값과 법선 벡터 값을 계산한 후 연산 값에 따라서 여러장의 텍스처를 일정 비율에 맞춰서 모델에 적용함으로써 수묵화의 특징인 농담, 발묵 효과를 한 번에 적용할 수 있게 한다. 그리고 모델의 윤곽선을 표현하는데 사용자의 입력에 따라 붓의 굵기를 조절하게 하여 보다 사실적인 수묵화 느낌을 살렸다. 또한 텍스처 매핑 이후에도 동양화적인 느낌을 살리기 위해서 두 가지의 종이질감효과를 추가하였다. 이 2가지의 종이질감 효과는 일종의 안개 필터로서 기존의 안개 필터와 달리 모델이 그려지는 위치에 따라서 각각 가중치가 다른 필터가 적용되게 하였다. 이렇게 필터가 적용된 렌더링의 결과는 일반적으로 채색된 3차원 모델과 느낌이 다른 자연스러운 결과를 생성할 수 있다.

본 연구는 또한 간단한 구현에 장점을 두고 있기 때문에 간단한 애니메이션이나 일반 3차원 게임 등 여러 분야에서 기존에 적용하기 어려웠던 수묵화 기법을 다양하게 활용할 수 있는 가능성을 제시한다.

Keyword : Real-time Rendering, Sumi-e Painting, Shader Programming, Texture mapping

1. 서론

비사실적 렌더링에 관한 기존의 많은 연구들은 주로 유화, 수채화 등 서양화 기법에 대해서 많이 이루어져왔고, 동양화에 관한 연구는 주로 붓 터치 기법이나, 채색 기법 등 2차원적인 문제에 관한 연구를 주로 진행해왔다. 대부분의 이러한 연구들에 있어서 큰 단점은 수많은 수식과 연산이 필요하기 때문에 활용분야가 적다는 것이었다. 그러나 본 논문은 비사실적인 렌더링의 활용 분야를 넓히는데 일차적인 목적이 있고, 2차원 수준에서 머물렀던 동양화를 3차원으로 사실적인 렌더링 결과를 보여주자는 두 번째 목적이 있다.

본 렌더링 기법은 사용자가 임의의 3차원 모델을 불러들이면, 자동적으로 그 모델의 조명 값과 법선 벡터를 계산한 후 모델의 위치가 변화할 때마다 5단계의 수묵 텍스처를 일정 비율에 맞춰 혼합하여 적용한다. 또한 기존의 연구와는 다르게 별도의 윤곽선 추출 알고리즘을 거치지 않고 조명과 법선 벡터의 내적을 계산하여 윤곽선을 그리는 방법을 사용하였다. 또한 렌더링의 결과를 실제 동양화처럼 나타내기 위해서 종이 효과를 추가함으로써 사실감을 높였다.

3차원 수묵화 렌더링을 비롯한 동양화에 관한 연구는 주로 채색 위주의 연구와 붓 터치에

관한 연구로 나눌 수 있다. D.L Way 는 소나무, 바위, 산과 같은 산수화에 관한 연구를 하였는데, 나무의 패턴이나 무늬를 중점적으로 한 채색에 대한 연구를 중심으로 진행하였기 때문에 폭넓게 활용하기가 힘들다.[1] Wei-Jin Lin 또한 산수화에 관한 연구를 하였다. 이 연구는 사용자가 세밀하게 조절해서 산수화를 그릴 수 있는 장점이 있었으나 2D 수준에 머무른 단점이 있었다.[2] 서양화에 비해 동양화는 붓터치에 의해서 그림이 많이 달라지기 때문에 그만큼 붓은 중요한 것이다. 그래서 일반 붓글씨나, 수묵화에서 단순 수묵을 기초로 한 붓터치 연구가 많았다. Jeng-Sheng Yeh 는 햅틱 장치를 이용하여 수묵 담채화를 그릴 수 있게 하였다. 이 연구는 채색이나 붓 효과 측면에서 실제 붓과 많이 유사할 뿐만 아니라 햅틱이라는 장치를 이용한 측면이 특색있는 연구였지만 고가의 햅틱장비를 사용하는데 경제적 문제가 있었다.[3] 또한 다양한 Stroke 를 이용해서 3 차원 모델을 기반으로 수묵화를 제작한 연구도 있었다. 채색 뿐만 아니라 윤곽선도 실제 수묵화처럼 정교했으나 윤곽선을 추출하고 그리는 데 과도한 연산을 요구하기 때문에 실시간으로 적용하는데 어려움이 있었다.[4] Nelson 의 경우, 사람이 주는 힘에 따라서 붓의 모양, 먹의 양 등이 달라진다는 것을 고려하여 붓의 재질감을 특히 더 살렸다. 실제 동양화에서 추구해야 할 붓 터치를 가장 정확하게 표현한 연구이지만, 이 또한 복잡한 연산 때문에 다른 분야에 실시간으로 적용하기 힘든 단점이 있었다.[5] 이렇게 수많은 수묵화에 관한 연구가 있었으나 주로 2D 에 머물렀고, 3 차원 모델을 기반으로 한 수묵화 연구 또한 복잡한 연산 때문에 실제 활용 빈도가 극히 낮은 경우가 많았다. 그래서 본 논문에서는 간단한 연산으로 실제 활용 가능성이 높은 수묵화 렌더링 기법을 제안하고자 한다.

2. 시스템 개요

본 논문에서 제시하는 3 차원 수묵화 렌더링 기법을 본격적으로 설명하기 이전에, 렌더링의

구조를 먼저 살펴보겠다. 본 렌더링은 그림 2 와 같이 사용자가 원하는 모델과 렌더링을 설정하면 사용자가 선택하는 즉시 렌더링 모델뿐만 아니라 수묵효과, 필터 효과가 적용이 되며 어떠한 추가 입력을 요구하지 않는다. 모델은 사용자가 원하는 것 어떤 것이든지 가능하며 별도의 시간 또한 요구하지 않는다. 렌더링의 전체적인 구조는 그림 1 과 같다.

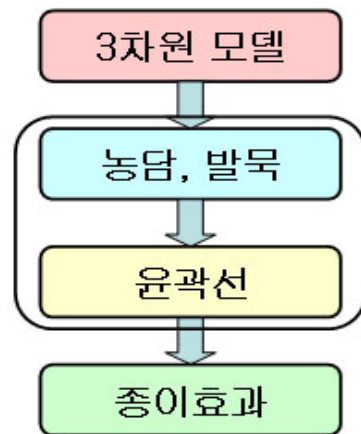


그림 1. 렌더링 구조



그림 2. 입력 인터페이스

3. 농담, 발묵 효과

농담, 발묵 효과는 수묵화에 있어서 사물의 양감과 질감을 나타내기 위한 표현 방법으로 작가에 따라서 수많은 표현이 가능하다.[6] 본 논문에서 제시하는 농담, 발묵 효과는 각각 개별적인 과정이 아닌 하나의 통합된 과정으로 간단한 연산 과정을 거쳐 3 차원 모델에 수묵 텍스처를 적용하도록 하였다.

첫 번째 과정으로 그림 3 와 같은 5 단계의 수묵 텍스처를 제작한 후, 그림 4 에 따라 사용자의 시점 방향과 모델의 정점의 디퓨즈 조명을 계산하고 그 수치에 따라 5 단계의 수묵 텍스처를 결정한다.[7] 이렇게 정해진 5 단계의 텍스처는 시야거리가 가장 가깝고 빛을 가장 많이 받는 부분은 검게, 시야 거리가 멀고 빛을 가장 적게 받는 부분은 자동적으로 하얗게 입혀지게 된다. 이 수묵 채색은 일괄적으로 한 가지만 입혀지는 것이 아니라 5 단계의 텍스처가 복합 적용이 된다. 디퓨즈 조명 계산 수치를 총 5 단계로 나누고 그 경계값에 따라서 전, 후 단계의 2 가지의 텍스처를 조명값의 비율에 따라서 섞어 매핑하는 방식을 사용하였다. 전, 후 단계의 모든 텍스처를 복합적으로 사용하기 때문에 매핑시 각 단계마다 경계선이 나타나지 않고 자연스럽게 연결이 가능하다.

본 렌더링에 사용된 5 단계의 수묵 텍스처는 Hatching 기법을 이용하여 수동으로 만들었다.



그림 3. 5 단계의 수묵텍스처

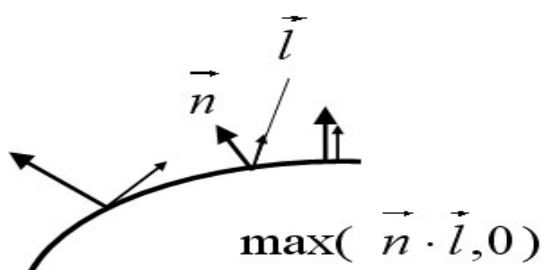


그림 4. 수묵 텍스처 단계 결정 방식

4. 윤곽선 표현

윤곽선 표현 단계에서는 기존에 많이 사용되고 있는 마스크를 이용한 윤곽선 추출 방식이 아닌 다른 방법을 이용하였다.[8] 농담 효과가 적용될 때 윤곽선을 추출하고 그리는 과정을 포함시킴으로서 별도의 윤곽선 그리는 작업은 필요하지 않다.

농담 효과 적용시 계산된 디퓨즈 조명값 비율을 기준으로 그 수치가 0 에 가까우면 윤곽선이라 가정하고 윤곽선으로 정해진 부분은 가장 진한 5 번째의 텍스처를 입힌다. 그리고 윤곽선과 내부 수묵 채색이 된 사이의 공간은 의도적인 채색을 하지 않도록 설정하여 수묵화의 특징인 여백을 강조하도록 하였다.

이렇게 하여 그려진 윤곽선은 농담효과와 마찬가지로 조명의 영향을 받기 때문에 조명의 사이즈에 따라서 크기의 조절이 가능한 장점이 있다.

5. 종이 재질 효과

이번 장에서는 렌더링시 적용된 2 가지의 종이재질 효과를 다루고자 한다. 하나는 가우스 필터를 이용한 효과이며, 나머지 하나는 박스 필터 효과이다.

가우스 필터링의 경우 렌더링 된 모델 영상을 버퍼에 저장한 후 모델 중심에서부터 일정한 영역을 X 축 방향으로 일정 오프셋만큼 영상을 이동시키고, Y 축 방향으로 일정 오프셋만큼 영상을 이동시킨다. 그런 다음 원래 영상에 이동한 만큼의 영상을 합성시키는 방법으로 렌더링된 영상 전체에 흔들린 효과를 줌으로서 렌더링 결과를 자연스럽게 보이게 한다. 그러나 가우스 필터링의 경우 영상을 전체적으로 이동시키기 때문에 과도하게 오프셋을 지정하면 전체화면 결과가 불명확하게 보일 수 있다는 단점이 있다.

그래서 이 필터를 좀더 보완하기 위해서 추가적으로 사용자의 선택에 따라 박스필터를 사용하도록 하였다. 이 효과는 전체 영상에 일괄적인 필터링을 적용하는 것이 아니라 전체

화면을 16 개로 분할하여 필터링을 적용하기 때문에 과도한 변화보다 자연스러운 종이재질 느낌을 줄 뿐만 아니라 물체의 변형을 피할 수 있다. 이 알고리즘은 먼저 렌더링된 화면을 X, Y 방향으로 4*4 형태로 분할한다. 16 개의 분할된 영역은 먼저 정점 셰이더에서 기본 8 개의 영역을 만들고 나머지 8 개 영역은 픽셀 셰이더에서 만든다. 정점 셰이더에서 만드는 8 개의 영역은 렌더링된 기본 영상을 일정 오프셋을 옮겨서 만들어지며, 픽셀 셰이더에서 만드는 나머지 8 개의 영역은 정점셰이더에서 만든 8 개의 영역을 바탕으로 만들어진다. 이렇게 하여 만들어진 총 16 개의 영역은 전체 평균을 계산한 후 다시 최종 영상에 적용된다.

6. 구현 및 결과

본 논문은 Intel Pentium 4 CPU 2.66GHz, 512M RAM, ATI Radeon 9800 Pro 환경에서, DirectX 9.0c SDK August 2005, HLSL, ATI Rendermonkey 를 사용하여 구현하였다.

그림 5 은 새 모델에 기본 수목 텍스처만 입힌 상태이며, 그림 6 은 동일한 새 모델에 윤곽선 효과를 적용시킨 결과이다. 그림 7 은 그림 5 결과에 종이필터 효과를 적용시킨 최종 수목 렌더링 결과이고, 추가적으로 빨간색으로 담채 효과를 추가한 결과가 그림 8 이다.

그림 9 는 새모델 이외에 다른 모델을 적용한 예이다.

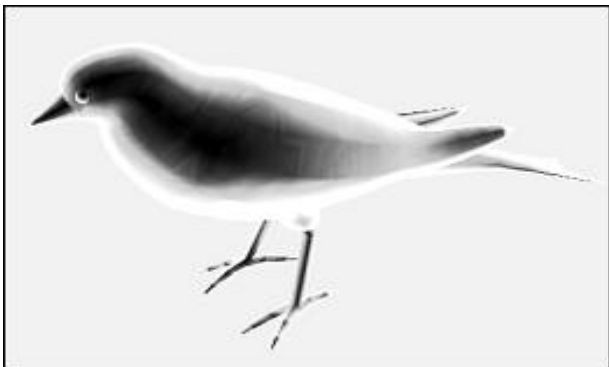


그림 5. 수목 텍스처만 적용

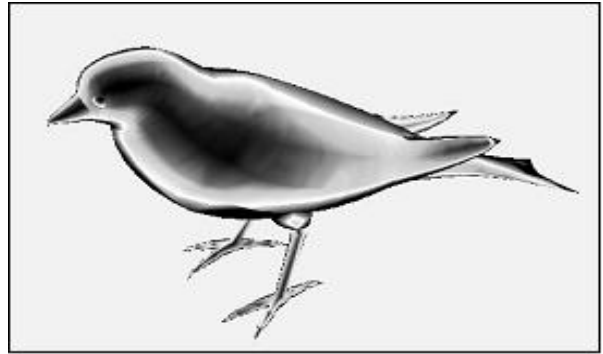


그림 6. 윤곽선 + 수목텍스처 적용

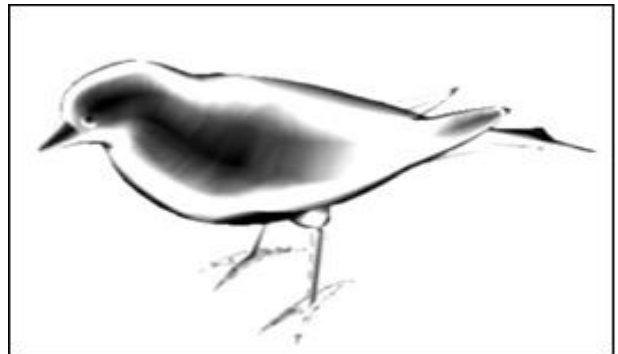


그림 7. 종이필터 적용된 최종 렌더링



그림 8. 담채효과가 추가적용된 예

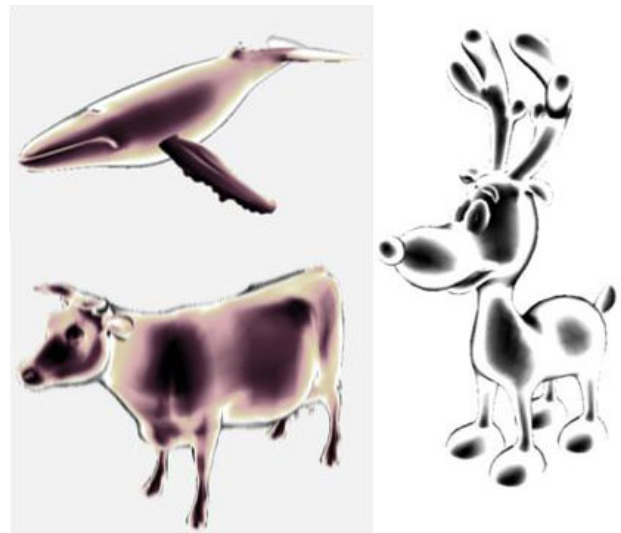


그림 9. 다른 모델 적용의 예

7. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 게임, 인터랙티브 아트, 가상현실 등 실시간 어플리케이션에 적용 가능한 효율적인 3 차원 수목화 렌더링 기법을 제안하였다. 기존의 연구들이 가지고 있던 장점을 그대로 살리면서 간단한 연산 알고리즘으로 최대 효과를 거두는 것을 목표로 구현되었고, 그에 해당하는 기법을 소개하였다.

하지만 윤곽선 효과 부분에서 작가마다 다른 붓의 생략적 표현과 붓터치의 다양함이 추가되어야 하고 또한 수목 텍스처 생성할 때 여러 개의 수목 텍스처로 연산하는 번거로움을 없애기 위해서 쉘 텍스처를 응용한 매핑이 요구된다. 색을 합성하는데 있어서는 모델 자체 고유의 색을 판단하여 적용하여, 각각의 모델에 맞게 렌더링이 되어야 할 것이다. 그리고 지금의 과정보다 간략화된 차후 통합적인 모듈의 도입 역시 필요할 것이다. 그리고 렌더링된 결과물을 애니메이션으로 제작하면 사용자들은 수목화를 새로운 콘텐츠로 접할 수 있을 것이다. 또한 단순한 애니메이션뿐만 아니라 전체 수목화가 그려지는 과정을 보여준다면 교육용 콘텐츠로서의 가능성도 있을 것이다.

참고문헌

- [1] D.L Way, Yu-Ru Lin, "The Synthesis of Trees in Chinese Landscape Painting using Silhouette and Texture Strokes," *In Proceeding of Eurographics*, pp.123-131, 2001.
- [2] Wei-Jin Lin, Zen—Chung Shih, "Computer-Generated Chinese Painting with Physically-Based Ink and Color Diffusion," *In Proceeding of CGW*, 2004.
- [3] Jeng-Sheng Yeh, Ting-yu Lien, Ming Ouhyoung, "On the Effect of Haptic Display in Brush and Ink Simulation for Chinese Painting and Calligraphy," IEEE Computer Society, 2002.
- [4] Jun-Wei Yeh, Ming Ouhyoung, "Non-Photorealistic Rendering in Chinese Painting of Animals," *Proceeding of ChinaGraph*, 2002.
- [5] Nelson S. H Chu, Chiew-Lan Tai, "Real-Time

Painting with an Expressive Virtual Chinese Brush," IEEE Computer Society, 2004.

- [6] 안동숙, "정통 동양화기법(총설편)," 서예사, 1991
- [7] Adam Lake, Carl Marshall, "Stylized Rendering Techniques For Scalable Real-Time 3D Animation," *In Proceeding of NPAR*, pp.13-20, 2000
- [8] 오수정, 남양희, "실시간 3 차원 수목담채화 렌더링 기법 연구," HCI Society of Korea, 2005.
- [9] J. T. Lee, "Diffusion Rendering of Black Ink Painting Using New Paper and Ink Models," *Computer & Graphics* 25, pp.295-308.
- [10] Seungyong Lee, "Oriental Black Ink Rendering of 3D Meshes," NLWCG, 2003.
- [11] Shin-jin Kang, Chang-Hun Kim, "Real-Time 3D Sumi-e Painting," *ACM SIGGRAPH Technical Sketch*, 2003