다중 폴리곤 처리를 통한 수묵 렌더링 기법

전재웅° 장현호 최윤철 임순범*
연세대학교 컴퓨터과학과
숙명여자대학교 멀티미디어과학과*
{fyren, kencot, ycchoy}@rainbow.yonsei.ac.kr
sblim@sookmyung.ac.kr*

Silhouette Edge Rendering Method with Multiple Polygon Processing

Jae-Woong Jeon° Hyun-Ho Jang Yoon-Chul Choy Soon-Bum Lim*
Department of Computer Science, Yonsei University
Dept. of Multimedia Science, Sookmyung Women's University*

요 약

최근 비실사(Non-Photorealistic Rendering) 기법은 3차원 그래픽의 추상화를 통해 사용자와의 원활한 커뮤니케이션을 이끌어 낼 수 있다는 점에서 많은 주목을 받고 있다. 비실사 기법 중에서도 실루엣 에지 렌더링은 3차원 객체의 에지를 찾아내고 디스플레이 하는 것으로 다양한 비실사 기법의 기반을 이루는 연구이다. 또한 실루엣 에지 렌더링은 기법의 변화를 통해서 선의 미를 살리는 수묵화 효과를 이뤄낼 수 있다. 본 논문은 다중 폴리곤 처리를 이용한 실루엣 에지 렌더링 기법을 제안하며 이를 사용하여 수묵화 기법의 효과를 보여준다. 다중 폴리곤 처리를 통한 실루엣 에지 렌더링 기법은 구현이 간단하고 여러 가지 응용이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 이 변화된 기법을 통해서 사용자는 3차원 객체에 수묵화 기법을 다양하게 적용할 수 있게 된다.

1. 서 론

기존의 컴퓨터 그래픽은 세밀한 묘사를 통해 현실에 근접 하는 그래픽을 생성하는 기법을 연구하는데 중점을 두고 있었다. 그러나 컴퓨터 그래픽의 적용 분야가 점차 확대 되면서 사실적 3차원 그래픽에서 벗어나 사용자와의 커뮤니케이션을 중시하는 비실사적 렌더링 기법이 최근 활발히 연구되고 있다. 비실사적 렌더링에서는 간략한 선화를 통해서 객체를 추상적으로 표현하고 정보의 전달을 효과적으로 이루어 내기 위해 실루엣 에지 렌더링을 사용하고 있다. 실루엣 에지 렌더링은 그 자체만으로 하나의 예술적 기법을 이루기도 하며 카툰 쉐이딩과 같은 기법과 결합하여 다양한 비실사적 렌더링 기법을 이뤄내는 기반이 되고 있다. 실루엣 에지 렌더링은 선을 기반으로 하는 예술적 표현, 즉 펜화, 연필 스케치, 목탄화 등에 사용되고 있다. 하지만 동양적 선의 예술이라고 할 수 있는 수묵화 기법에는 텍스쳐와 쉐이딩을 이용한 방법이 주로 사용되고 실루엣 에지 렌더링 자체만으로 이뤄지는 연구는 미비한 실정이다. 본 논문에서는 다중 폴리곤 처리를 사용한 실루엣 에지 렌더링 기법을 제안한다. 이 기법은 전면(front facing) 폴리곤과 후면 폴리곤(back-facing)의 경계면을 찾아내어 렌더링 하는 일반적 실루엣 에지 렌더링과 달리 후면 폴리곤을 시선 방향으로 이동하는 기법과 후면 폴리곤을 확대시키는 기법을 응용하여 수묵 렌더링을 이뤄낸다. 이 과정에서 다중 후면 폴리곤의 이동을 통해서 수묵화의 번짐 효과를 표현한다. 본 논문에서 구현된 시스템은 구현이 쉽고 응용의 폭이 넓으며 후면 폴리곤과 시선 기준과의 거리, 투명도 계수의 변화를 통해서 다양한 느낌의 수묵화를 렌더링 할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

본 연구는 서울시산학연협력사업의 지원으로 수행되었음

2. 관련 연구

2.1 비실사적 렌더링

지난 수십 년간 컴퓨터 그래픽 분야에서는 현실과 동일한 효과의 그래픽을 생성하는데 목표를 둔 연구가 주로 행해졌다. 실사적 표현을 목표로 하는 연구는 최대한 세밀하게 묘사하여 사진과 흡사한 디테일을 생성하는데 주력하였다. 실사적 렌더링과 더불어 실사적 렌더링의 기본 개념에서 벗어나 다양한 변화를 통해 전달하고자 하는 부분을 추상화시키는 새로운 개념의 컴퓨터 그래픽이 등장하였는데 이것이 바로 비실사적 렌더링 기법이다[1]. 비실사적 렌더링 기법은 커뮤니케이션의 효율성에 중심을 두고 추상화의 레벨을 조절한다. 비실사적 렌더링 기법은 크게 미술적 미디어를 시뮬레이션 하는 방법과 사용자의 조작에 도움을 주어 새로운 비실사적 그래픽을 생성하는 방법, 마지막으로 자동적으로 미리 정해놓은 커뮤니케이션의 방법에 따라서 추상화된 그래픽을 생성하는 방법들이 있다[1]. 이와 더불어 실루엣 에지 렌더링의 변형을 통해서 외곽선을 생성하고 모델의 불연속적인 쉐이딩을 통해 카툰 렌더링을 구현하는 기법, 붓과 한지의 특성을 시뮬레이션 한 쉐이딩 및 텍스쳐를 사용한 수묵 렌더링 등 다양한 연구가 행해지고 있다.

2.2 실루엣 에지 렌더링

실루엣 에지를 렌더링 하는 방법에는 실루엣 에지의 가

시성을 계산하는 은선 계산 알고리듬[2]의 방법이 있는데 [2]의 알고리듬은 전체 화면을 탐색하여 계산을 하지 않아도 실루엣 에지 렌더링을 가능하게 해주며 프레임률을 향상시킨다. 은선을 제거하는 기법을 통해서 실루엣 에지 렌더링을 구현한 연구도 있으며 이들은 주로 배치 프로세스를 통해 렌더링 되며 실시간으로 렌더링을 구현하지는 못했다 [3]. 이후 정적인 다면체 모델에서 근접 정보를 통한 실시간 실루엣 에지 렌더링 방법도 제시되었다 [4]. 근접 정보를 통한 실루엣 에지 검출 방식과는 다르게 깊이 버퍼와 두 개의 폴리곤 집합을 사용하여 주어진 시선기준에서 화면에 보이는 실루엣 에지를 실시간으로 계산하는 방법을 사용한 기법도 제시되었다 [5].

2.3 수묵 렌더링

수묵 렌더링은 3차원 그래픽을 2차원 수묵화와 같은 느낌으로 렌더링을 해주는 기법을 말하며, 먹의 농담을 이용하여 선을 표현하는 기법과 채색을 통한 수묵 담채화를 생성하는 기법으로 구분된다. 이 중 선을 생성하는 연구에는 종이와 먹, 물의 효과를 시뮬레이션 하여 수묵화 모델을 렌더링 하는 연구[6]가 있었으나 대상 모델이 한정적이고 실시간으로 구현할 수 없다는 단점이 있었다. 또한 수묵화 중 나무의 표현에 중점을 두고 텍스쳐를 이용한 연구도 있었으나 텍스쳐의 적용 부분이 한정적이라는 단점을 가지고 있었다[7].

3. 다중 폴리곤 처리를 통한 실루엣 에지 렌더링

3.1 다면체 모델의 실루엣 에지 렌더링

실루엣 에지를 렌더링 하기 위하여 주어진 3차원 모델의 면들을 두 종류로 구분한다. 즉, 시선 벡터와 면 노말 벡터의 계산을 통해서 전면 폴리곤과 후면 폴리곤으로 구분한다. 3차원 모델에서 전면 폴리곤과 후면 폴리곤이 에지를 공유할 경우에 실루엣 에지가 형성된다[그림 1]. 각 프레임에서 인접한 두 면의 노말 벡터와 시선벡터의 내적을 서로 곱하여 얻은 값을 0과 비교하여 실루엣 에지를 찾는다.

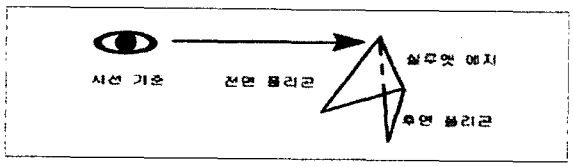

그림1. 실루엣 에지를 위한 면 구분

$$(\text{면}_1\text{노말벡터} \cdot \text{시선벡터}) * (\text{면}_2\text{노말벡터} \cdot \text{시선벡터}) \leq 0$$

식1. 실루엣 에지 검출식

3.2 후면 폴리곤의 다중 이동 및 확장

기존의 비실사적 렌더링 연구[5]에서 제시된 후면 폴리곤 이동 및 확장을 통한 실루엣 에지 렌더링 방법을 응용하여 다중 후면 폴리곤 이동 및 확장을 사용한다. 원하는 실루엣 에지의 수묵 효과를 창조하기 위하여 다음과 같은 과정을 거친다.

1. 에지의 다중 레이어 수를 설정한다.
2. 시선 기준으로 후면 폴리곤을 확장한다.
3. 후면 폴리곤을 시선 기준으로 이동한다.
4. 후면 폴리곤을 확장하여 시선 방향으로 이동한다.
5. 위의 2에서 4의 방법을 먹의 번짐 효과 및 농담 표현의 디테일 레벨에 따라 선택하여 반복한다.
6. 시선 방향으로 최대 이동된 후면 폴리곤과 확장된 후면 폴리곤 사이의 후면 폴리곤들의 색채 및 투명도 값을 조정하여 수묵의 농담을 결정한다.

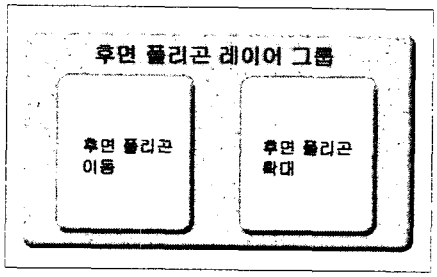

그림2. 생성된 후면 폴리곤 그룹

3.3 수묵 효과

본 논문에서 제시하는 후면 폴리곤의 다중 이동 및 확장을 통해서 후면 폴리곤의 다중 레이어를 생성한 후, 각각의 레이어가 차지하는 영역을 기준으로 위치와 투명도를 조절한다. 각각의 후면 폴리곤 중 시선 방향으로 이동한 후면 폴리곤은 모델의 내측 방향으로 넓게 생성되며 후면 폴리곤의 확장 모델은 외측 방향으로 생성된다. 따라서 외부로 확장된 후면 폴리곤과 내부로 확장된 후면 폴리곤을 대칭적으로 설정하기 위하여 시선 방향으로 이동하는 폴리곤의 이동 지수를 조절하여 준다. 또한 각각의 레이어에 투명도 값을 설정해 준다. 각각의 대칭을 이루는 레이어들은 투명도의 값에 따라서 먹의 농담을 표현하게 되고 최종적으로 사용자가 원하는 수묵 효과를 이루게 된다.

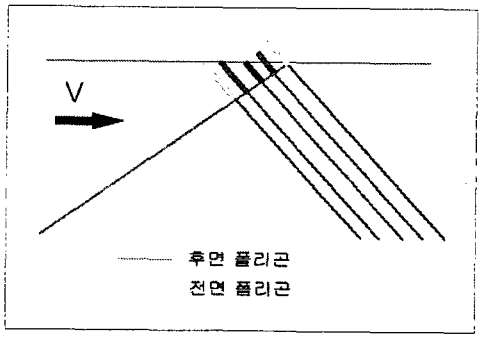

그림3. 다중 폴리곤 처리

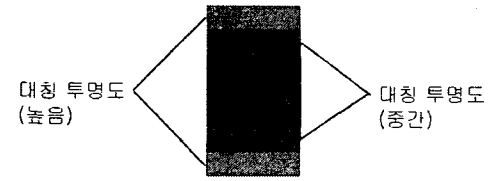

그림4. 표현된 먹의 농담 및 번짐

4. 구현 결과

본 논문에서 제시된 기법과 도구를 구현한 환경은 펜티엄 4 프로세서의 Windows XP OS 플랫폼에서 Visual C++ .net 2003 컴파일러와 OpenGL[8]을 이용하여 제작하였다. 구현한 기법을 적용한 결과물은 아래의 [그림 5]와 같다. 결과물은 다중 폴리곤 처리를 통해서 실루엣 에지에 변형을 주어 몇 가지 모델들[5]을 대상으로 하여 적용하였으며, 향후 구현물의 확장을 통해서 수묵 담채화 효과 및 모바일 기기 분야에서도 수묵화 효과를 준 결과물을 제작하는데 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

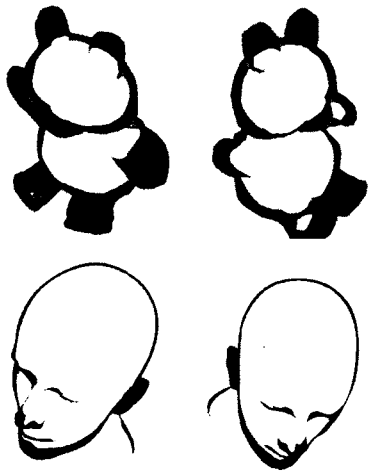

그림5. 구현 결과

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 수묵 렌더링 기법 구현을 위한 실루엣 에지 다중 폴리곤 처리 기법을 제안하고 있다. 다중 폴리곤 처리 기법은 구현이 간단하고 사용자의 선택에 의해서 수묵의 번짐 효과 및 먹의 농담을 결정할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 또한 불필요한 계산을 줄이고 후면 폴리곤 이동 계수와 투명도 조절 계수를 통해서 적절한 효과를 이뤄낼 수 있다. 이러한 기법의 제안으로 다양한 분야에서 수묵 효과를 실시간으로 사용할 수 있게 되었다. 이 밖에도 모든 처리가 실루엣 에지 영역에서 이루어짐으로써 추후 쉐이딩 및 텍스쳐의 결합을 통해서 원하는 예술적 효과를 이뤄낼 수 있을 것이다.

사용자는 먹의 농담과 먹으로 인한 종이의 번짐 효과를 생성하기 위하여 다중 후면 폴리곤 그룹을 만들어 낸다. 다중 후면 폴리곤 그룹은 시선 방향으로 후면 폴리곤을 이동시켜 화면상 선으로 보이는 후면 폴리곤 부분과 후면 폴리곤을 시선 기준으로 확대시킨 부분으로 이뤄진다. 각각의 시선 방향으로 이동된 후면 폴리곤은 이동 계수에 따라서 넓이가 다르게 되며 사용자는 확장된 후면 폴리곤과 이동된 후면 폴리곤에 대칭적으로 투명도를 설정하여 번짐 효과 및 농담을 표현하게 된다.

본 논문에서 제안하는 연구는 후면 폴리곤이 시선방향으로 이동할 경우 전면 폴리곤과 후면 폴리곤이 이루는 각도에 따라서 생성되는 실루엣 에지의 굵기가 일정하지 않은 점을 예술적으로 사용하였다. 또한 이러한 불규칙성은 내부와 외부의 투명도 및 번짐 효과로 설정된 후면 폴리곤 영역에도 적용되어 수묵화의 불규칙한 농담 및 먹의 번짐을 표현하는데 도움이 된다. 그러나 일정 각도 이하로 이면각이 작아질 경우 검은 색으로 일괄 처리 되는 단점을 안고 있다.

향후 연구 과제로는 다중으로 처리된 폴리곤의 레이어 수를 줄이면서 같은 효과를 이뤄내는 방법과 이면각의 각도를 계산하여 폴리곤의 이동 계수를 조절하는 방법, 쉐이딩 및 텍스쳐와의 조합을 통해서 다양한 수묵, 수묵 담채 렌더링 효과를 얻는 방법에 대한 연구가 이어져야 할 것이다.

참고문헌

[1] Bruce Gooch, Amy Gooch. Non-Photorealistic Rendering, 2001.

[2] A. Appel. *The notion of quantitative invisibility* and the machine rendering of solids. In Proceedings of ACM National Conference, pp.387-393, 1967.

[3] G. Elber and E. Cohen. Hidden curve removal for free form surfaces. In Proceedings of SIGGRAPH '90, pp.95-104, 1990.

[4] Lee Markosian, Michael A. Kowalski, Samuel J. Trychin, Lubomir D. Bourdev, Daniel Goldstein, and John F. Hughes. Real-Time Nonphotorealistic Rendering, Proceedings of SIGGRAPH '97, 1997.

[5] Ramesh Raskar, Michael Cohen. Image Precision Silhouette Edges. Symposium on Interactive 3D Graphics, 1999.

[6] QingZhang, Youetsu Sato. Simple Cellular Automaton-based Simulation of Ink Behaviour and Its Application to Suibokuga-like 3D Rendering of Trees. The Journal of Visualization and Computer Animation, 1999

[7] 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.

[8] http://www.opengl.org