

3차원 애니메이션을 위한 비사실적 렌더링

이효근⁰ 윤경현

중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과⁰

중앙대학교 컴퓨터공학과

{xcross, khyoon}@cglab.cse.cau.ac.kr

Non Photorealistic Rendering for 3D Animation

Hyo-Keun Lee⁰ Kyung-Hyun Yoon

Dept. of Image Engineering Graduate School of Advanced Imaging Science, Multimedia, and Film, Univ. of Chung-Ang⁰

Dept. of Computer Science Engineering of Chung-Ang

요 약

애니메이션에서 가장 중요하게 고려해야 할 문제는 프레임간 유사성을 어떻게 유지하느냐이다. 각 프레임간 영상의 유사성이 없으면 프레임이 바뀔 때 좋지 못한 영상을 보여주기 때문이다. 또한 3차원 애니메이션을 위한 비사실적 렌더링에서는 프레임간 유사성뿐 아니라 렌더링을 수행하는 방법도 중요하다. 본 논문에서는 프레임간 유사성을 유지하기 위하여 파티클 시스템을 사용한다. 파티클을 물체의 실제 크기에 따라 분포시킴으로써 적절한 파티클의 수를 유지한다. 이때, 물체가 확대, 축소될 경우에는 화면상에서의 물체의 크기에 따라 동적으로 파티클의 수를 조정하게 된다. 그리고 비사실적 렌더링을 위하여 붓의 터치를 표현할 스트로크를 사용하는데 스트로크의 방향, 색, 크기 등을 결정하기 위하여 참조 영상을 사용하는 렌더링 방법을 소개한다. 이렇게 결정된 스트로크들의 속성들은 붓 모양의 텍스처를 이용하여 렌더링 된다.

1. 서 론

현재의 3차원 애니메이션은 대부분이 사실적인 조명 및 그림자를 표현하는 부분에 치중해있다. 월트 디즈니의 애니메이션 영화 개미, 토이 스토리, 슈렉, 몬스터 등이 그 예가 될 수 있다. 이들은 모두 복잡한 3차원 물체들에 사실적인 렌더링을 수행하여 구현된 애니메이션들이다. 그래픽스 학계 자체도 몇 년 전까지만 해도 사실적인 렌더링 분야가 그래픽스의 모든 분야로 생각하였다. 하지만 최근 몇 년부터 사람이 그런 듯한 효과, 즉 비사실적 렌더링에 대한 관심이 증가하고 있다. 비사실적 렌더링의 가장 큰 특징은 사람이 그런 듯한 효과를 냄으로써 보다 자연스러운 영상을 얻는 것이다. 따라서 이러한 효과를 3차원 애니메이션에 적용하는 것은 가치 있는 일이 될 것이다. 본 논문은 3차원 애니메이션에 적용할 수 있는 비사실적 렌더링 방법을 소개한다. 본 논문에서는 프레임간 유사성을 유지하기 위하여 파티클 시스템을 사용하며 비사실적 렌더링을 위하여 붓 모양의 스트로크를 사용한다. 각 파티클들은 스트로크의 위치, 방향, 색, 크기 등의 정보를 갖게 된다.

본 논문은 2장에서 관련된 연구를 소개하고 3장에서 3차원 애니메이션을 위한 비사실적 렌더링의 전체 시스템을 설명한다. 그리고 4장에서는 본 논문에서 제안한 구현 방법을 소개하고 마지막으로 5장에서 결론 및 향후 연구에 대해서 설명한다.

2. 관련 연구

1996년 Barbara J. Meier는 단순한 3차원 모델의 표면 위에 페인팅 효과를 적용하여 장면을 연출하였다[1]. 그는 원통 위

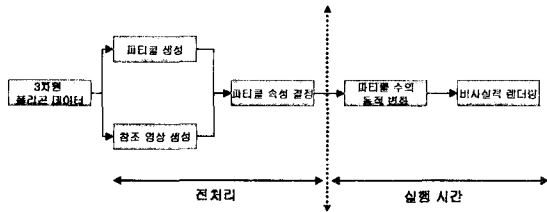
에 원뿔을 얹은 모델을 사용하고 그 표면들 위에 붓으로 그린 듯한 효과를 이용하여 건축터미를 표현하였다. 특히 붓의 각 스트로크의 위치 및 방향, 색, 크기 등을 나타내는 파티클[2]을 사용하여 장면을 이동하거나 회전시킬 때 각 프레임간에 자연스러운 변화를 만들어냈다. 이를 위하여 원뿔 및 원뿔과 같은 단순한 표면을 잘게 나누고 이렇게 나눈 각 면마다 파티클을 심는다. 각 파티클들의 속성인 방향, 색, 크기 등은 참조 영상으로부터 생성하게 되고 이렇게 주어진 속성들에 따라 붓 모양의 스트로크를 적용해 렌더링 하게 된다. 하지만 이 시스템에는 몇 가지 단점이 존재한다. 우선 주어진 물체에 대해서 고정적으로 전체 파티클 수를 정해놓고 각 면마다 전체 면적에 대한 면적 비에 따라 파티클 수를 정하기 때문에 물체의 절대적인 크기에 따른 적당한 수의 파티클 수를 배치하지 못한다. 따라서 작은 물체에 너무 많은 파티클을 적용해 효율적이지 못하거나 큰 물체에 너무 적은 수의 파티클을 적용해 불충분한 렌더링을 수행할 수 있다. 다른 하나의 문제점은 파티클 수를 고정시켰기 때문에 물체의 확대/축소(혹은 카메라 Zoon In/Out)시 좋지 못한 결과를 낼 수 있다는 점이다. 본 논문에서 이러한 문제점들을 해결할 방안을 제시하도록 하겠다.

Ahna Girshick은 3차원 물체의 정보를 보다 명확하게 전달하기 위하여 표면의 주방향(Principal Direction)을 사용하였다[3]. 곡면의 한 점에는 굴곡에 따라 주방향이 두 개 존재하는데 굴곡이 제일 급한 방향을 제1주방향(First Principal Direction)이라 하고, 그 방향에 직각인 방향, 즉 굴곡이 제일 완만한 방향을 제2주방향(Second Principal Direction)이라 한다. Girshick은 제1주방향으로 스트로크를 배치시키면 곡면을 이루는 3차원 물체의 정보를 보다 효과적으로 전달할 수 있음을 보였다.

3. 렌더링 시스템 흐름도

3차원 애니메이션을 위한 비사실적 렌더링을 하기 위하여 본 논문은 크게 세 개의 시스템으로 구성되어 있다. 스트로크의 분포 및 위치를 정의하기 위한 파티클 시스템, 스트로크의 방향, 색, 크기 등의 속성들을 결정하는 시스템, 마지막으로 비사실적 렌더링을 수행하는 렌더링 시스템으로 구성되어 있다. [그림1]은 전체 시스템에 대한 흐름도를 보여주고 있다.

스트로크의 위치, 방향, 색, 크기 등의 속성은 각 스트로크마다 파티클을 생성함으로써 유지된다[2]. 이 시스템은 기본적으로 전처리 과정에서 수행되며 파티클 수의 동적 변화는 실행 시간에 수행된다. 스트로크의 방향, 색, 크기 등과 같은 속성은 참조 영상에 의해서 결정된다. 참조 영상들은 전처리 과정에서 생성되어 각 파티클들에 저장되고 이후 실행 시간에 사용된다. 이렇게 하여 파티클 각각에는 전처리 과정을 통하여 스트로크의 위치, 방향, 색, 크기 등의 정보가 저장되어진다. 이 정보에 근거해서 비사실적 렌더링을 수행하게 된다.



[그림1] 3차원 애니메이션을 위한 비사실적 렌더링 시스템

4. 3차원 애니메이션을 위한 비사실적 렌더링 시스템

4.1 파티클 배치

3차원 삼각형 패치에 파티클을 배치하기 위하여 삼각형 내부의 3차원 점의 정보가 필요하다. 이 점을 얻기 위하여 삼각형의 세 꼭지점의 각 x, y, z 값을 이중 선형 보간법(bilinear interpolation)을 이용하여 얻는다. [그림2]에서 보이는 것처럼 삼각형의 두 꼭지점에 대하여 임의의 값 a 비율로 한 점을 보간한다. 다음으로 이 점과 나머지 다른 삼각형간에 임의의 값 b 비율로 두 번째 보간을 수행한다. 이때 임의의 값 a, b 를 구하기 위하여 펄린 잡음(Perlin Noise)을 이용하면 재생산 가능한 잡음을 생성할 수 있다[4]. 이와 같은 방법으로 삼각형의 내부에 파티클을 배치한다.

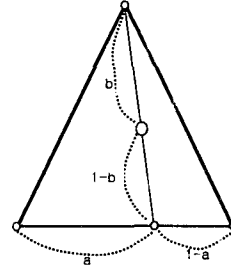
4.2 적절한 파티클 수의 결정

Meier는 기존 연구에서 물체 당 전체 파티클 수를 정하고 전체 면적대 각 패치의 면적 비에 따라 파티클 수를 결정하였다. 이렇게 하면 물체의 절대적인 크기에 따라서 파티클 수가 적절치 못할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 보완하기 위하여 파티클 하나가 차지하는 단위 면적을 정의한다. 단위 면적당 파티클 수를 정해줌으로써 실제 물체 크기에 따라 적절한 파티클 수를 정해줄 수 있다.

4.3 참조 영상을 이용한 비사실적 렌더링

파티클을 배치하면 각 파티클의 속성을 지정해 주어야 한다. 이러한 속성으로는 스트로크의 위치, 방향, 색, 크기 등이 있다. 스트로크의 위치는 곧 파티클의 위치가 된다. 이는 처음 파티클을 배치할 때 결정되게 된다.

스트로크의 방향은 표면의 굴곡에 따라 정해진다. 3차원 표면의 굴곡이 제일 심한 방향을 제1주방향이라 하고 이에 직각인

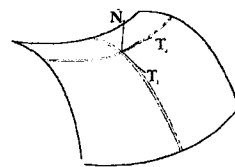


[그림2] 이중 선형 보간법에 의한 파티클 배치

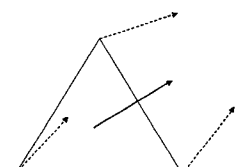
방향을 제2주방향이라 한다. 이 중 굴곡이 제일 심한 제1주 방향을 스트로크의 방향으로 사용함으로써 물체의 3차원적 모양을 잘 나타낼 수 있다[3]. [그림3]은 일반적인 곡면에서의 주 방향을 보여주고 있다. N 은 그 점에서의 노멀 벡터이고 T_1, T_2 가 각각 제1, 제2주방향이다. 본 논문에서는 삼각형 패치로 이루어진 다각형 모델을 사용하는데 삼각형 패치 내부에서는 모든 방향으로 굴곡이 같게 된다. 따라서 삼각형을 이루는 세 꼭지점의 주 방향을 구하고 이를 3중 선형 보간법(trilinear interpolation)을 이용하여 삼각형 내부의 주 방향을 얻는다. [그림4]는 본 논문에서 사용할 삼각형 패치에서, 삼중 선형 보간에 의하여 주 방향을 결정하는 그림을 보여주고 있다.

스트로크의 색은 3차원 물체가 가지고 있는 고유색 정보를 사용한다. 이 정보는 조명 모델을 적용하기 위하여 고우라우드 셰이딩(Gouraud shading)으로 렌더링 된다.

마지막으로 스트로크의 크기는 기본적으로 사용자가 정한 크기를 사용한다. 여기에 파티클이 위치한 표면의 굴곡에 따라 굴곡이 심할수록 크기를 좀 더 줄이고 굴곡이 완만할수록 크기를 늘여서 사용한다.



[그림3] 노멀 벡터와 두 개의 주방향



[그림4] 삼중 보간법에 의한 주방향 결정

4.4 파티클 배치의 동적 변화

파티클은 3차원 표면에 고정되어 있기 때문에 장면 내에서의 이동 및 회전이 있을 때 프레임간 유사성이 유지된다. 하지만 장면을 확대, 축소할 경우에는 문제가 생긴다. 즉, 확대할 경우에 스트로크도 같이 확대되면 너무 많이 확대될 경우 좋지 않은 결과를 나타내며 이와 다르게 스트로크를 확대시키지 않으면 스트로크 사이에 빈 공간이 점점 커지는 나쁜 결과를 초래한다. 또 이와 반대로 물체를 축소시키는 경우에는 불필요한 스트로크들이 겹치는 문제가 생긴다. 따라서 본 논문에서는 화면상에 표현되는 패치의 크기에 따라 파티클의 수를 동적으로 변화시킨다. 또한 동적으로 생성 및 소멸되는 파티클의 위치는 펄린 잡음을 이용함으로써 재생산 가능한 임의의 값을 사용하는 데 이렇게 함으로써 프레임간 유사성이 유지된다[4].

4.5 비사실적 렌더링

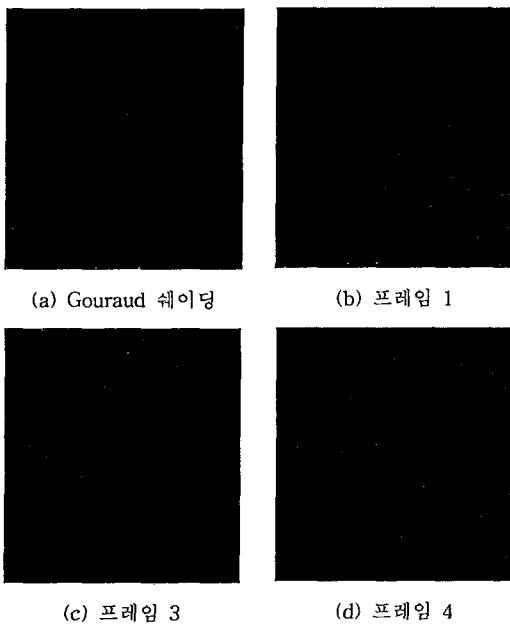
파티클들이 가진 스트로크들의 속성에 따라 비사실적 렌더링을 수행한다. 스트로크를 렌더링 하기 위한 방법으로는 다음과 같은 두 가지 방법 중 한 가지를 선택하여 사용할 수 있다.

한 가지 방법은 붓의 터치를 표현한 텍스처를 이용하는 방법이다. 텍스처를 이용하여 각 스트로크의 시작점과 방향, 크기 등을 참조하여 맵핑될 좌표를 결정하고 텍스처를 맵핑할 때 물체의 고유색을 참조하여 텍스처링을 수행한다[5]. 이때 고우라우드 웨이딩을 적용하여 조명에 따른 물체의 명암을 나타낼 수 있다.

시간이 늘어나는 결과를 초래했다. 이를 보완하여 애니메이션에 적당한 렌더링 시간을 보장할 방법에 대한 연구가 필요하다.

본 논문은 스트로크를 비사실적 렌더링을 적용하여 사람이 그린 듯한 영상을 만들어 냈다. 향후에 스트로크 자체에 대한 특성의 연구가 필요하다. 즉, 인상과 화가가 그린 듯한 붓터치와 같이 특정 느낌을 주는 붓터치에 대한 연구가 더 필요할 것으로 생각되며 각 스트로크의 물감 두께 및 스트로크들간의 색번짐, 혼합 효과에 대한 연구가 더 필요하다.

5. 결과



[그림5] 비사실적 렌더링 결과

[그림5]는 본 논문에서 소개하고 있는 3차원 애니메이션을 위한 비사실적 렌더링을 보여주고 있다. 이 결과는 3차원 폴리곤으로 구성된 사과를 모델로 하고 있다. (a)는 고우라우드 웨이딩을 적용한 결과이고 이 모델에 비사실적 렌더링을 적용한 결과가 (b)이다. 결과 (c) 및 (d)는 이러한 모델을 움직인 결과인데 물체가 이동함에 따라서 스트로크들이 자연스럽게 이동하는 결과를 볼 수 있다.

6. 결론 및 향후 연구

애니메이션에서 비사실적 렌더링을 수행할 때 제일 큰 문제가 프레임간 유사성이다. 이것이 지켜지지 못할 때에는 스트로크들이 깜박이는 문제가 생기거나 스트로크들이 물체를 따라 애니메이션 되지 않고 화면에 고정적으로 붙어 있는 문제가 생긴다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위하여 파티클을 사용하였으며 또한 파티클을 동적으로 변화시킴으로써 화면의 이동 및 회전뿐만 아니라 확대, 축소 시에도 프레임간 유사성을 유지할 수 있었다. 하지만 파티클을 동적으로 관리하기 때문에 렌더링

참고 문헌

- [1] Barbara J. Meier. "Painterly Rendering for Animation". In Computer Graphics (SIGGRAPH '96 Proceedings), volume 30, pp. 477-484, August 1996.
- [2] W. T. Reeves. "Particle systems-a technique for modeling a class of fuzzy objects". ACM Trans. Graphics, 2:91-108, April 1983.
- [3] Ahna Girshick, Victoria Interrante, Steven Haker, and Todd Lemoine. "Line Direction Matters: An Argument For The Use of Principal Directions in 3D Line Drawings". First International Symposium on Non Photorealistic Animation and Rendering (NPAR 2000), pp. 43-52, June 2000.
- [4] Ken Perlin. "Hypertexture". In Computer Graphics (SIGGRAPH '89 Proceedings), volume 27, pp. 253-262, July 1989.
- [5] Paul S. Heckbert. "Fundamentals of Texture Mapping and Image Warping". Master's Thesis, at Dept. of Electrical Engineering and Computer Science Univ. of California, Berkeley, CA 94720, pp. 17-22, June 1989.
- [6] Deborah F. Berman, Jason T. Bartell, and David H. Salesin. "Multiresolution painting and compositing". In Computer Graphics (SIGGRAPH '94 Proceedings), volume 28, pp. 85-90, July 1994.
- [7] Kurt W. Fleischer, David H. Laidlaw, Bena L. Currin, and Alan H. Barr. "Cellular texture generation". In Computer Graphics (SIGGRAPH '95 Proceedings), volume 29, pp. 239-248, August 1995.
- [8] Steve Strassmann. "Hairy brushes". In Computer Graphics (SIGGRAPH '86 Proceedings), volume 20, pp. 225-232, August 1986.