

IMPLICIT 곡면을 위한 더블 Z-버퍼 앤티 앨리어싱 방법 구현

김학란, 박화진
숙명여자대학교 멀티미디어학과

Implementation of a Double Z-buffer Antialiasing Method for Implicit Surfaces

Hak-Ran Kim, Hwa-Jin Park
Dept. of Multimedia,
Sookmyung Women's University

요약

레이 트레이싱이나 텍스처 맵핑에 의한 Implicit 곡면에서의 앤티 앨리어싱을 위한 방법으로 일반적으로 stochastic 샘플링 방법이 많이 사용되고 있다. 하지만 이 방법은 복잡한 함수로 표현된 Implicit 곡면에 더 많은 복잡한 계산을 요구하며 이에 따라 처리 시간과 비용이 많이 든다. 본 논문에서는 복셀(voxel)로 표현되는 Implicit 곡면에서 효율적인 방법 및 계산으로 앨리어싱을 감소시키기 위하여 shifted 더블 Z-버퍼를 이용하였으며, 또한 box-filter와 tent-filter를 적용함으로써 양질의 Implicit 곡면 이미지를 표현하였다.

1. 서론

일반적으로 컴퓨터 그래픽에 있어서의 기하학적 모델인 3차원 객체를 표현하는 방법은, 모델링을 한 후에 카메라 프레임으로의 변환과 절단, 투영, 은면 제거를 거쳐 레스터화 하게 된다. 레스터화 된 선분과 다각형의 변은 톱니 모양처럼 보이는데 컴퓨터 그래픽에서는 앨리어싱이라고 부르며 무한의 해상도를 가진 객체의 연속적인 표현을 불연속의 근사치로 옮기려고 할 때 발생

다. (1) 앨리어싱이 나타난 선분의 앤티 앨리어싱 기법을 예로 들면 지그재그한 흑색과 백색바탕 사이를 그 중간인 회색 수준으로 픽셀들을 세팅하도록 허용되는 출력들을 이용한다. [8] 여기서 사용된 프로그램 예제인 3차원 그래픽의 한 종류인 Implicit 곡면은 어떠한 앤티 앨리어싱 기법도 포함하고 있지 않기 때문에 눈에 거슬리는 매끈하지 않은 선분들이 많이 나타나고 있는데, 위에서 설명한 앤티 앨리어싱 효과를 이용하여 좀 더 부드러운 곡면을 표현하고자 한다. 컴퓨

터 그래픽을 위한 엔티 엘리머싱 기법은 샘플링과 필터링을 이용하여 실행되고 있다. 본 논문에서 사용된 예제 프로그램은 Implicit 곡면을 생성하기 위하여 Z-버퍼를 사용하고 있는데, 주어진 변수 값 안에서 필요한 Z-버퍼 값만을 계산하므로 많지 않은 계산을 수행하게 되며 또한 단순하고 구현하기가 쉽다. 그래서 주어진 Z-버퍼 외에 하나의 Z-버퍼를 더 사용하고, box-filter와 tent-filter를 거친 엔티 엘리머싱 방법을 제안한다.

논문의 2장에서는 기존의 Implicit 곡면에 적용된 엔티 엘리머싱 방법들과 Implicit 곡면이란 무엇인지에 대한 관련 연구를 3장에서는 Implicit 곡면을 위한 엔티 엘리머싱 방법으로 Implicit 곡면을 부드럽게 표현하기 위해 본 논문에서 제안한 더블 Z-버퍼의 개념과 적용한 구현 결과를 소개한다. 4장에서는 가중치 필터링을 적용한 더블 Z-버퍼 구현 결과물을 보이게 되며 5장에서는 논문의 결론과 향후 연구과제 또한 확장시킬 수 있는 방향에 대해 안내한다.

2. 연구배경

Implicit 곡면은 특별한 수학적 형태를 따라 정의된 3차원 공간 안에 존재하는 기하학적 형태로 2차원으로 표현된 것이다. 어떤 특별한 요구를 만족하는 3차원 공간 안에 있는 점들로 구성되며, 그 요구는 한 점 p 를 독립변수로 갖는 함수 f 로 표현된다.

정의에 의해 만약, $f(p) = 0$ 이면, p 는 곡면에 존재하게 된다. (2)

이렇게 특별한 함수에 따라 생성된 Implicit 곡면을 샘플링 하기 위하여서 postfiltering 방법 중 stochastic 방법을 적용한 사례가 눈

에 띈다. Monte Carlo simulation에 stochastic 처리를 적용하여 복잡한 Implicit 곡면에 빠르고 정형화된 샘플링 포인트들을 만들어 낼 수 있음을 보여주고 있다. stochastic 샘플링 방법은 간단한 하나의 구나 원통형 같은 Implicit 곡면이나 좀 더 복잡하고 거칠거나 구멍이 많은 Implicit 곡면에 적용한 결과 정형화되고 빠른 샘플링을 할 수 있음을 보여주었으며 또한 빠른 랜더링이나 윤곽선 시각화 같은 부분에서도 좋은 결과를 낼 수 있다고 한다. 하지만 stochastic 샘플링 방법이 복잡한 계산의 문제점이 있음을 밝혔었는데, stochastic 샘플링 방법을 제안한 논문에서는 stochastic 미분 방정식을 풀기 위해서 Box-Muller 방법과 Euler 공식등을 사용 했으며 Runge-Kutta 방법도 고려되고 있다. (5) 결국 stochastic 샘플링 방법을 사용하기 위해서는 복잡한 계산을 요구하며 이에 따라 처리 시간과 비용이 많이 든다. stochastic 샘플링은 레이 트레이싱에 사용된 가장 좋은 엔티 엘리머싱 샘플링이다. 레이 트레이싱은 고전적인 엘리머싱을 야기시킨다. 일반적으로는 정형화된 부피셀을 나누는 방식을 사용하며 고비용의 문제로 인하여 제안된 방법으로 모서리 부분에 더 많은 부피셀로 나누어 샘플링하는 방법을 사용하기도 한다.

따라서 stochastic 샘플링 방법은 본 논문에서 사용한 Implicit 함수에 적용할 수 있는 적당한 방법이 아니며 Implicit 곡면을 랜더링 하기 위하여 레이 트레이싱을 사용할 경우 Implicit 곡면에 하나의 광선을 교차시키기 위하여 1차원 근의값으로 줄여야 하는데 이것은 복잡한 Implicit 공식에 대해서는 속도가 매우 느려질 수 있다. 그래픽 하드웨어의 속도 증가를 위해 랜더링에 Z-버퍼

알고리즘을 이용하는데, 이는 Implicit 곡면을 폴리곤이나 다른 첨자식 곡면으로 변환해야만 하는 어려움이 있다. (3)

3. 더블 Z-버퍼를 이용한 안티앨리어싱

Implicit 곡면에 일반적으로 많이 사용되고 있는 stochastic 샘플링 방법이 아닌 더블 Z-버퍼를 적용한 이유는, 본 논문에서 사용한 곡면이 레이 트레이싱이나 텍스처 맵핑에 의한 것이 아닌 복셀(voxel)로 표현된 곡면으로 픽셀 정보와 함께 픽셀에 대한 거리값까지 표현하는 방식이므로 더블 Z-버퍼를 이용한 안티 앨리어싱을 구현하기에 알맞다. 아래 그림은 본 논문에서 사용한 Implicit 함수에 의해 생성된 곡면에 나타난 앨리어싱에이다.

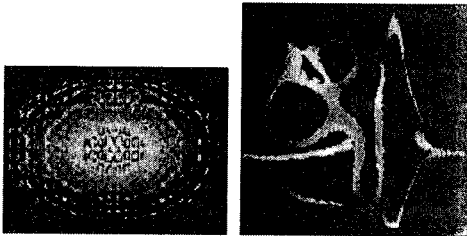


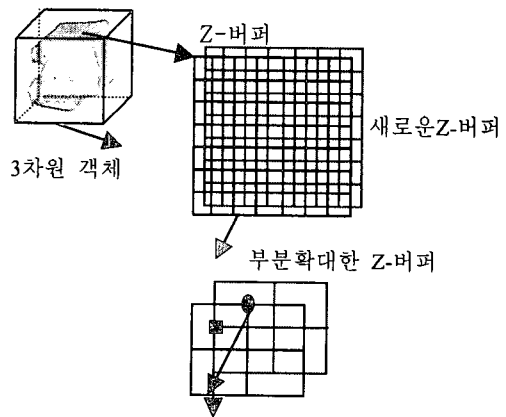
그림1. 이미지1 그림2. 이미지2

이 함수는 Sarah F. Frisken, Ronald N. Perry, Alyn P. Rockwood, Thouis R. Jones에 의해서 SIGGRAPH2000 학회에 발표된 논문인 'Adaptively Sampled Distance Fields: A General Representation of Shape for Computer Graphics'에서 예제로 사용된 함수들이다.

위의 Implicit 곡면에 안티 앨리어싱 알고리즘을 구현하기 위한 더블 Z-버퍼의 구조를 보면 먼저, Implicit 함수를 거친 3차원 객체를 표현하기 위하여 프레임 버퍼를 사용하

는 대신에 사용자의 관점에서 가장 가까이 있는 픽셀의 z값을 저장한 Z-버퍼를 만든다 (4) 하나의 Z-버퍼를 사용한 Implicit곡면이 앨리어싱이 많이 나타내며 매끄럽지 못한 곡면을 나타내므로, 안티 앨리어싱 방법으로 0.5픽셀씩 움직여준 다른 하나의 Z-버퍼를 더 만든 후에 기존의 Z-버퍼 값과 새로운 Z-버퍼 값을 더해서 평균값을 구하게 된다. 이런 처리 절차는 대비가 심한 두 픽셀 사이의 중간 값을 생성 시켜서 대비를 완화 시키는 효과로 부드러운 객체로 표현되게 된다.

다음은 더블 Z-버퍼의 적용 개념도이다.



기존 Z-버퍼의 픽셀값 x + 새로운 Z-버퍼의 픽셀값 y 의 평균을 구해줌

그림3. 더블 Z-버퍼 개념도

더블 Z-버퍼를 이용하여 앨리어싱이 발생한 Implicit 곡면에서의 안티 앨리어싱 구현 결과를 보면 다음과 같다. 한결 부드러워진 객체로 표현되고 있다.

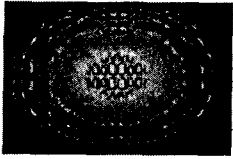


그림4. 엔티 앨리어싱 처리된 이미지1



그림5. 엔티 앨리어싱 처리된 이미지2

4. 가중치 필터링을 적용한 더블 Z-버퍼 구현.

단순한 더블 Z-버퍼를 이용한 엔티 앨리어싱 방법을 적용 했을 때 나타난 결과가 기존의 원래 이미지보다 앨리어싱이 제거되어 부드럽게 표현되고 있으나 더 나은 결과를 얻기 위하여 더블 Z-버퍼에 필터링을 적용시킬 수 있다.

이미지가 이산적인 픽셀로 구성되기 때문에 나타나는 앨리어스를 부드럽게 보이도록 처리하기 위하여 구현된 Implicit 곡면에 대한 가중치 필터링을 거친 더블 Z-버퍼 엔티 앨리어싱 처리 절차를 보면 다음과 같다. (본 논문에서 예제로 사용한 프로그램을 기준으로 설명하겠다.)

1. 곡면을 표현하기 위한 특정한 Implicit 함수를 적용한 후, 그 3차원 정보에 대한 내용을 table에 저장한다.
2. 각 픽셀에 대하여 0.5픽셀씩 움직여 주고, 그 각각의 값에 대한 Implicit 함수 값을 다른 table에 저장한다.
3. Implicit 함수 값을 모두 display 하지 않고 보이는 값만을 display 하기 위하여 각 픽셀에 대한 z값을 Z-버퍼에 저장한다. 단 0.2미만의 값을 가지는 함수에 대해서만 적용한다.

3. 눈에 거슬리는 픽셀값을 중간 값으로 보간 하기 위하여 0.5 픽셀씩 움직여 준 함수 값에 대한 또 다른 새로운 Z-버퍼를 만든다.
4. 기존의 Z-버퍼와 새로운 Z-버퍼 대한 값을 평균하여 display 시킨다. 단 0.2보다 작은 함수 값에 대해서만 적용된다.
5. 3장에서 사용한 더블 Z-버퍼(처리절차 1-4)에 두 가지 형태의 필터를 적용하기 위하여 기존 Z-버퍼의 각 픽셀에 해당하는 새로운 Z-버퍼의 주변 4개의 픽셀 값을 평균한다.

적용하는 filter는 box-filter와 tent-filter이다.

4.1. box-filter를 적용한 경우

이 방법은 가장 간단한 low-pass filter로 적은 포인트 샘플링에 의한 축소 배율과 픽셀 복사에 의한 확대 배율로 얻어지며, 상자의 높이를 1로 정하여 상자의 체적이 1이 되게 한 것이다. 즉, 두 번째 Z-버퍼의 값을 구할 때 평균값을 구하기 위한 4개의 주변 픽셀 각각에 체적 "1"값을 곱해 주었다. 다음은 box-filter를 적용한 후의 Implicit 곡면의 예이다. 단순히 더블 Z-버퍼를 적용한 그림4와 그림5의 이미지들과 비교하여 보면, 많이 부드러워진 객체로 표현 되었음을 볼 수 있으나, 흐림(blur)현상 또한 나타남을 볼 수 있다.

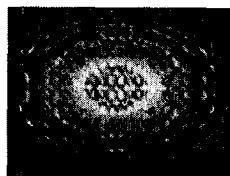


그림6. box-filter 적용 이미지1

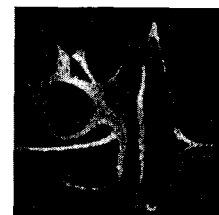


그림7. box-filter 적용 이미지2

4.2. tent-filter를 적용한 경우

이 Kernel은 triangle-filter, tent-filter, roof function, Bartlett 윈도우 등으로 불리워지며 주파수 영역에서는 적합한 좋은 loss-pass filter로 알려져 있으며, 위에 언급된 box-filter보다 더 나은 결과를 보이며 앨리어싱에 적용했을 때 이미지를 부드럽게 한다. Z-버퍼 값에 중앙 픽셀 값에는 "0.5"를 그 주변 픽셀에는 "0.125"의 값을 곱해 주었으며 그래서 전체 체적의 합은 "1"이 되게 하였다. box-filter와 비교 하였을 때 엔티 앨리어싱 효과는 유지하면서 흐림 현상(blur)은 줄어들어 원래의 함수 값에 좀 더 근접한 Implicit 곡면으로 표현되었다.

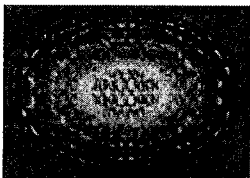


그림8. tent-filter 적용 이미지1



그림9. tent-filter 적용 이미지2

아래의 그림들은 예제로 사용한 Implicit 함수의 구현 결과에 대한 객체의 부분을 확대한 이미지이다.

각각 원래의 앨리어싱이 나타난 이미지1,2와 더블 Z-버퍼를 적용한 이미지1,2, box-filter를 적용한 이미지1,2 그리고 tent-filter를 적용한 이미지1,2에 대한 구현 결과이다. 부분 확대한 픽셀들을 비교해 보면 엔티 앨리어싱 효과를 더 확실히 알 수 있다.



그림10. 원래의 앨리어싱 이미지1

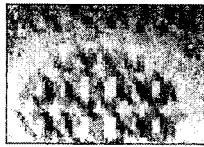


그림12. box-filter 적용 후 이미지1



그림14. 원래 앨리어싱 이미지2



그림16. box-filter 적용 후 이미지2

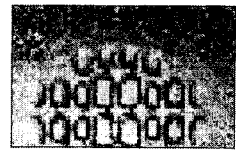


그림11. 더블 Z-버퍼 엔티 앨리어싱 적용 이미지1

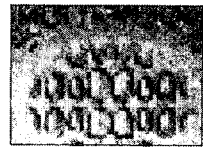


그림13. tent-filter 적용 후 이미지1



그림15. 더블 Z-버퍼 엔티 앨리어싱을 거친 이미지2

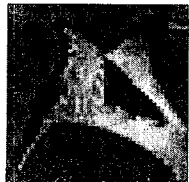


그림17. tent-filter 적용 후 이미지2

5. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 3차원 그래픽 분야중의 하나인 Implicit 곡면에 대해서 알아 본 후에 일반적인 레이 트레이싱이나 텍스처 맵핑으로 표현된 Implicit 곡면에서의 엔티 앨리어싱을 방법인 stochastic 샘플링 방법을 적

용하지 않고, 복셀로 표현된 Implicit 함수로 만들어진 곡면에 가중치 필터링을 적용한 더블 Z-버퍼 앤티 앨리어싱 방법을 구현하였다. Stochastic 샘플링 방법은 본 논문에서 사용한 복셀로 표현된 곡면에는 적용시키기 어려운 점이 있으며 또한 복잡한 계산을 수행하여야 하므로 이로 인한 시간과 비용의 문제점이 있는 반면에 더블 Z-버퍼를 이용한 앤티 앨리어싱 방법은 기존의 Z-버퍼에 하나의 Z-버퍼만을 더 추가하는 방법으로 구현하기 간단하며 여기에 가중치 필터링을 쉽게 적용할 수 있고 앤티 앨리어싱 효과도 또한 뛰어나다.

향후의 과제로는 복셀로 표현된 더 많은 다른 Implicit 함수로 만들어진 곡면에 box-filter와 tent-filter를 적용시켜서 앤티 앨리어싱 효과를 검증해 보는 것과 box-filter와 tent-filter 외에 gaussian-filter를 적용한 Implicit 곡면에 대한 앤티 앨리어싱 방법을 구현해 보는 것과 더블 Z-버퍼를 멀티 Z-버퍼로 확장 시켜 적용했을 때의 앤티 앨리어싱 효과에 대한 비교 연구가 필요하다.

[참고문헌]

- [1] FOLEY, VANDOM, FEINER, HUGHES, PHILIPS, "Intorduction to computer graphics", ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY, 1996
- [2] Bloomenthal, Bajaj, Blinn, Cani-Gaxcuel, Rockwood, Brian Wyill, Geoff Wyvill, "Introduction to Implicit Surfaces", MORGAN KAUFMANN PUBLISHERS, INC., 1997
- [3] Matthew Jondrow. A Survey of animation related Implicit surfaces Papers, AT in Computer Graphics, 2000
- [4] Alan Watt, Fundamentals of Three-Dimensional Computer Graphics, ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY, 1989
- [5] Satoshi Tanaka, Tomoharu Nakamura, Miharuru Ueda, Hiroaki Yamamoto, Kisou Shino, Application of the stochastic sampling method to various implicit surfaces, Computers & Graphics 25, 441-448, 2001
- [6] George Wolberg, Digital Image Warping, IEEE Computer Society Press Monograph, 1994
- [7] 지용준, 영역 필터링을 기반으로 한 개선된 안티앨리어싱 알고리즘 설계, 조선대학교 대학원 전자계산학과 석사학위 논문, 2000
- [8] 한태근, 실시간 렌더링을 위한 효율적인 Anti-Aliasing에 관한 연구, 동국대학교 대학원 석사학위 논문, 2000
- [9] 주우석, 3차원 컴퓨터 그래픽스, 도서출판 그린, 1999