

3D 모델의 에지특성을 이용한 간략화

한태화[○] 민경필^{*} 박구락^{**} 전준철^{*}
경기대학교 정보과학부^{*} 공주대학교 영상정보공학부^{**}
{han[○], ccabi, jcchun}@kyonggi.ac.kr^{*} grpark56@hanmail.net^{**}

Simplification using Edge Property of 3D Model

Taehwa Han[○] Kyongpil Min Junchul Chun
Computer Graphics Lab., Dept. of Information Science, Kyonggi University

요 약

상호작용컴퓨터 그래픽스분야의 지배적인 역할을 하는 다각형모델의 간략화 표현을 위해서 본논문에서는 모델의 특징을 이용하고자한다. 본논문에서는 vertex clustering 알고리즘을 이용하여 다각형 메쉬모델을 간략화 한다. 이때 클러스터링하기 위한 셀의 크기를 결정하기 위하여 모델의 에지의 길이 특성을 이용하여 셀의 크기를 결정한다. 개선된 vertex clustering 방법은 기존의 방법에 비해 모델자체의 에지 특성을 이용하기 때문에 신뢰성있는 간략화를 수행할 수 있다.

1. 서 론

3차원 물체를 표현하기위해 다각형모델을 이용하는 것이 실시간 상호작용 컴퓨터 그래픽스에서 지배적이 되어 오고있다. 다각형모델은 간략화표현이나 렌더링알고리즘에 이용되며 모든 플랫폼상에서 렌더링 가속화기를 가능하게 하는데 결정적인 역할을 하였다.

3차원 모델의 이용범위가 확대됨에 따라 모델의 복잡도 제어와 이용목적에 따른 모델의 간략화 기술의 필요성이 증대되었다. 3차원 비디오 게임에서 간단한 장면은 수백개의 폴리곤으로 표현할수있지만 공학용CAD시스템이나 지질학 또는 응용의료영상의 경우에는 수백만개의 폴리곤을 필요로하여 장면을 표현할 수 있다.

이런 모델의 복잡도 즉, 모델을 구성하는 폴리곤의 개수는 렌더링 측면에서 볼 때 그래픽하드웨어의 수용능력보다 훨씬 빨리 대응량화 되고 있다. 사용자의 시각적 요구를 충족시키기위해 우리가 원하는 폴리곤의 수는 언제나 하드웨어가 감당할 수 있는 범위를 초과하게 마련이다.

이 문제를 해결하기 위해서 다각형 간략화 기술이 연구되었으며 간략화의 목적은 모델의 크기, 거리, 모델의 중요한 특성을 가진 부분에 따라 사용자의 시각적인 손실 없이 렌더링 비용을 줄이고자 하였다.

모델에 간략화 기법을 적용하고자 할때에는 고려해야할 여러 가지가 있다. 간략화 기법을 이용할 때 다각형물체를 간략화 시키려는 이유가 필요없는 기하정보를 삭제인지, 모델의 크기를 줄이려는 것인지, 아니면 렌더링시 실행효과의 증대인지를 고려하여야 한다. 이외에도 간략화를 수행하려는 모델이 organic form인지 날카로운 모서리와 평평한 면들과 규칙적인 곡선들로 구성된 모델종류인지 지형모델인지, 3D 게임의 캐릭터 모델인지 등,

적용대상의 모델의 종류도 고려해야한다. 그리고 간략화 알고리즘에서 특히 유의해야 할 사항은 간략화된 모델에서 기하학적인 정확도를 유지할 것인지 아니면 간단히 원모델에 대한 시각적인 충실도인지 고려해야한다.

본 논문은 2장에서 간략화기법에 대한 관련연구들을 기술하고, 3장에서는 제안한방법을 소개하고 그 실험 결과를 4장에서 보이고 결론을 맺을 것이다.

2. 관련 연구

간략화 알고리즘은 접근방법에 따라 몇가지 영역으로 나눌수 있으며, 장단점을 가지고 있다. 간략화의 가장 큰 목적이 원래의 모델에 가장 근접하면서 더 적은 수의 점과 면으로 구성된 모델을 자동적으로 생성하는데 목적을 두었으며, 간략화 알고리즘은 다음의 세종류로 크게 구분할수있다.

1. Vertex decimation

이 알고리즘은 vertex classification과 재삼각화 기법을 이용하며, 매니폴드 모델에 대해서 적용한다. 정점간략화 알고리즘은 삭제할 정점을 선택하여 제거하고 이 정점을 공유한 모든 면을 삭제하고 남은 공간(hole)에 대해 재삼각화를 수행하는 방법이다[1].

2. Vertex clustering

Rossignac과 Borrel[2]에 의해 처음 제안된 vertex clustering 알고리즘은 임의의 다각형모델에 대해 처리가 가능하다. 원 모델에 바운딩 박스를 두고 일정하게 격자화한 다음, 각 셀(격자단위)에 포함된 정점들을 그들을 대표하는 한개의 정점으로 대치하는 방법이다. 이 알고리즘은 간략화 결과는 다른 알고리즘에 비해 정확도가 낮지만 상대적으로 매우 빠른 속도를 제공한다.

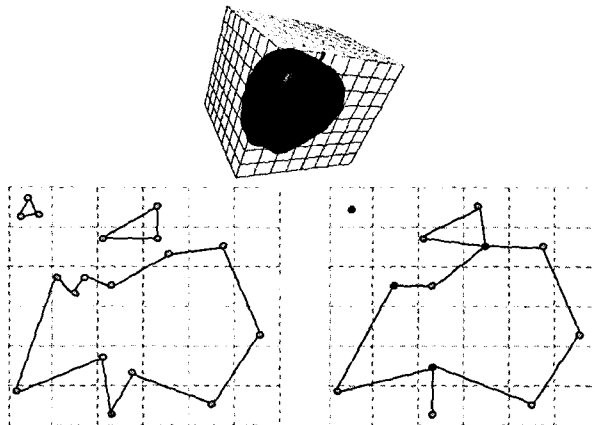
3. Edge contraction

Hoppe[3] 및 Gueziec[4] 등은 반복적으로 에지를 축약하여 모델을 간략화 시키는 방법을 제안하였다. 다양한 에지축약알고리즘간의 차이점은 축약할 에지를 선택하는 기준의 차이이고, 이 알고리즘은 매니폴드에 폴리곤에 주로 적용된다.

3. 제안된 연구

본 논문에서는 모델의 특징에 기반한 간략화 방법을 제시하고자한다. 간략화 방법으로는 다른 간략화 알고리즘에 비해 상대적으로 빠른 속도를 제공하는 vertex clustering 알고리즘을 이용한다.

간략화: vertex clustering 알고리즘은 처리하고자 하는 모델의 위상에 민감하지 않을 뿐아니라 반드시 위상을 고수해야한다는 조건도 없다. 이 알고리즘은 초기 vertex clustering 알고리즘은 각 정점에 대해 중요도를 지정하고 시작한다. 넓은 면을 수반하는 정점과 높은 곡률을 가진 정점은 좁은 면과 낮은 곡률을 수반하는 정정보다 중요도가 높다고 가정하였다. 그런 다음 모델에 3D 격자를 덮어씌우고 격자의 각 셀내에 포함되는 모든 정점들을 셀 내의 가장 중요도가 높은 정점 한개로 대표하게 한다. 간략화 결과의 질은 격자의 해상도로 결정된다. 단위격자가 클수록 간략화 정도는 크지만 단위격자가 작을수록 최소한의 간략화가 수행된다.



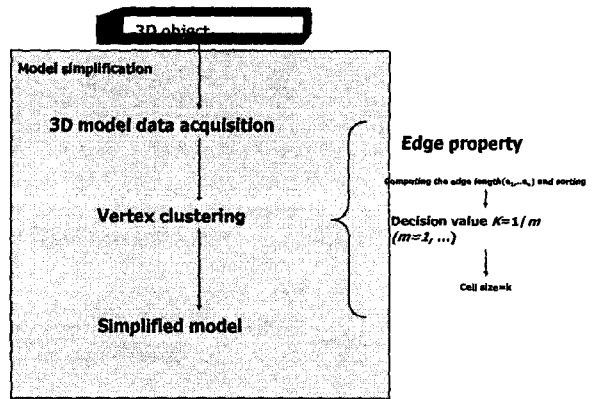
[그림 1] vertex clustering의 셀과 2D 예

이 알고리즘의 특성상 변형된 축약메쉬들은 원형메쉬의 매니폴드성질을 그대로 유지할 수 없는 단점이 있지만 오히려 이점이 물체의 복잡도를 감소시켜 효과적인 축약 결과를 제시한다. 이는 표면의 위상을 유지하는 모든 기법들은 작은 구멍까지도 유지하려하기 때문에 복잡한 메쉬를 현저히 감소시킬 수 없기 때문이다. 정점클러스터링 알고리즘은 계산복잡도가 전형적으로 정점의 수에 선형적이지만 수행결과가 항상 만족스럽지는 않다.

셀의 크기 선택: 정점클러스터링에서 가장 고려해야할 점이 격자의 크기를 어떻게 결정할 것이며 그 크기를 얼마나 크게 하는가이다. 제안한 방법에서는 기존의 클러스터링이 초기에 각 정점마다 중요도를 계산하는 대신 주어진 모델에서 모든 에지의 길이를 고려한다. 셀크기를 결정하는 계산은 다음과 같다.

1. 모델에서 모든 에지의 길이를 계산하여 정렬한다. ($e_1 > e_2 > \dots > e_n$)
2. 정렬된 에지에서 $k=1/m$ 인 위치의 값을 구한다. ($m=1, 2, \dots$, 단 $m=1$ 인 경우 원형모델)
3. 격자의 크기를 k 로 바꾼다.

위에서 구한 격자의 크기값을 vertex clustering의 격자 크기로 하여 간략화를 수행한다. 전체 알고리즘은 다음 [그림2]와 같다.



[그림 2] 제안하는 간략화 알고리즘

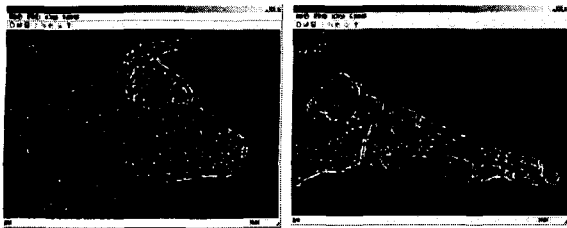
4. 실험 및 결과

실험에서 사용한 모델은 다음과 같은 cow와 bones의 smf파일포맷을 이용하였다. 실험 환경은 펜티엄 IV 1.5Ghz에서 수행하였다.

모델	정점의 수	폴리곤의 수
cow	2904vertices	5804faces
bones	2154vertices	4204faces

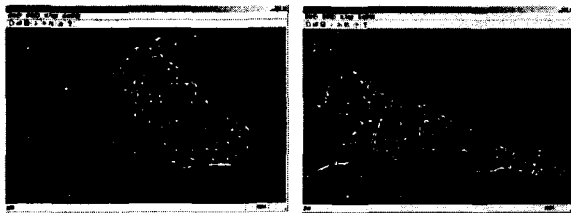
[표 1] 실험 대상모델

[그림3]은 실험대상모델의 원형 폴리곤 메쉬 모델이다. smf(simple file format)파일은 정점과 정점들이 이루는 면정보 그리고 색상이나 뷰포인트에 대한 속성을 명시하고있어서 파일처리가 용이한 장점을 가지고 있다.



[그림 3] cow.smf(좌) bones.smf(우)

[그림 4]는 Borrel의 vertex clustering 알고리즘을 이용하여 간략화 한 결과화면이고, [그림 5]는 제안한 방법에 의해 쉐의 크기를 정한후 vertex clustering으로 간략화한 결과이다.



[그림 4] vertex clustering



[그림 5] 제안된 방법(k=1/2)에 의한 간략화

결과에서 보이는 것처럼 실행 결과에서 보면 vertex clustering에 의한 방법과 제안한 방법은 시각적인 손실의 차이가 거의 없음을 알수있다. 그리고 실행시간측면에서 보면 제안한 방법이 cow 모델의 경우에는 약 7초 bones 모델의 경우에는 5초 빠른 속도를 보였다.

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 간략화 알고리즘에서 모델의 위상에 민감하지 않으면서 속도의 수행효과가 뛰어난 vertex clustering 알고리즘을 모델의 에지 특성을 이용하여 개선하고자 하였다.

그러나 본 논문에서는 아직 에지의 길이정보 이외에 질감정보와 같은 모델의 표면 특성과 에지활 이루고 있는 점점들 간의 관계들을 함께 고려하지 못하였다. 이들 특성을 추후과제에서 더 개선하여야 할 것이다.

** 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(과제번호 R01-2002-000-00010-0) 지원으로 수행되었음

[참고문헌]

- [1]SCHROEDER W.J, ZARGE J.A., LORENSEN W. E. 1992. Decimation of Triangle Meshes , Proc. ACM Computer Graphics, Vol. 26, No. 2, pp. 65-70.
- [2]ROSSIGNAC J., BORREL P. 1993. Multi-Resolution 3D Approximations for Rendering Complex Scenes , Modeling in Computer Graphics: Methods and Applications, pp. 455-465.
- [3]HOPPE H., DEROSE T., DUCHAMP T., MCDONALD J., STUETZLE W. 1993. Mesh Optimization , SIGGRAPH 93 proc., pp 19-26.
- [4]GUEZIEC A. 1995. Surface Simplification with Variable Tolerance , In Sencond Annual Intl. Symp. On Medical Robotics and Computer Assisted Surgery, pp. 132-139.
- [5]FOLEY J.D., VAN DAM A., FEINER S., HUGHES J. F.1992. Computer Graphics-Principal and Practice , Addison-Wesley
- [6]GUEZIEC A. 1995. Surface Simplification with Variable Tolerance , In Sencond Annual Intl. Symp. On Medical Robotics and Computer Assisted Surgery, pp. 132-139
- [7]GUEZIEC A. 1995. Surface Simplification with Variable Tolerance , In Sencond Annual Intl. Symp. On Medical Robotics and Computer Assisted Surgery, pp. 132-139.