

3차원 다해상도 모델의 서브디비전 기술 프로토타입 연구

김수균*, 성 경**

요약

온라인 게임 시장의 규모가 빠르게 성장하면서 컴퓨터 게임에 이용되고 있는 서브디비전 기법이 각광을 받고 있다. 서브디비전 기법은 간단한 기본 모델로부터 수학 규칙에 따라 서브디비전 시켜 원래의 형상을 표현하는 방법이다. 기본 모델에 서브디비전 규칙을 적용하여 부드러운 형태의 복잡한 모델을 생성하게 된다. 이와 같이 메모리 효율적이며 형상 표현의 사실감이 인정된 서브디비전 모델을 통해 인터넷으로 전송하는 기술이 활발히 연구 되었다. 본 논문은 서브디비전 기술을 이용하여 인터넷상에서 3차원 모델을 점진적으로 전송하기 위한 기반 기술에 대한 프로토타입을 제공한다.

A Research on Subdivision Techniques of 3D Multi-resolution Model

SooKyun Kim*, Kyung Sung**

ABSTRACT

Subdivision schemes used in computer games have become very popular through the size of the rapidly growing online games market. Subdivision technique from basic model in accordance with the mathematical rules is a way to express the original shape. The basic model by applying the subdivision rules will create a more complex model with smooth. Thus memory-efficient and realistic representation of the shape of the subdivision model over the internet transmission technology has been studied. In this paper, we provide prototype to progressive transfer progressive 3D model over internet using subdivision technique.

Key Words : 3D model, mesh decimation, subdivision, computer graphics, prototype

* 배재대학교 게임공학과(✉kimsk@pcu.ac.kr)

** 목원대학교 컴퓨터교육과

· 제1저자(First Author) : 김수균 · 교신저자(Correspondent Author) : 성 경

· 접수일(2012년 3월 8일), 수정일(1차 : 2012년 4월 5일), 게재확정일(2012년 4월 9일)

I. 서론

2009년 온라인게임의 시장 규모는 전년 대비 22.0% 성장한 126억 4,200만 달러를 기록해, 5대 플랫폼 중 가장 높은 성장률을 기록했다. 특히 아시아 시장의 급성장에 힘입어 2012년까지 연평균 18.9% 성장해 모바일 게임보다 빠르게 성장할 것으로 기대된다.

주목할 만한 사실은 절대적인 시장 규모는 크지 않지만, 2009년 6,100만 달러의 시장 규모를 기록한 남미 시장이 2012년까지 27.4%의 기록적인 성장세를 보이며, 신흥 시장으로 부상할 것이라는 점이다[1]. 이렇듯 성장세에 있는 온라인 게임 시장에서 3차원 모델을 인터넷상에서 점진적으로 전송하기 위한 기술들은 비교적 부족한 상황이다.

본 연구에서는 기존 연구되었던 서브디비전 기술을 이용하여 인터넷에서 3차원 모델에 대해 점진적 전송이 가능하도록 하는 방법에 대한 프로토타입 설계를 보여준다.

II. 서브디비전 알고리즘

그림 1과 같이 서브디비전 기법[2, 3, 4, 5]은 주어진 단순한 메쉬에 새로운 점들을 추가하여 부드러운 입체를 만드는 방법을 말한다. 서브디비전 기법은 지역적으로 계산을 하고, 주어진 규칙에 따라서 새로운 점을 생성시키고, 기존의 점을 움직이기만 하면 되므로 기존의 곡선에 기반한 곡면을 이용한 방법보다 간단하며, 부드러운 결과를 쉽게 얻기 위하여 모델링에서 널리 쓰이는 방법이다.

또한 LOD(Level of Details)[6, 7]를 만들기 위하여 리메싱(remeshing)과정에서 초기 메쉬를 여러 번 서브디비전 하여 복잡한 메쉬를 만드는 기술로서도 중요성을 가진다. 그러나 기존의 서브디비전은 매 단계마다 거의 4배씩 데이터의 크기가 증가하므로 몇 차례

의 서브디비전 후에는 많은 양의 데이터를 다루어야 하는 단점이 있다.



그림 1. 구 모델의 서브디비전
Fig 1. Subdivision Method of Sphere model

초기에 주어진 간단한 기본 모델을 연속적인 서브디비전을 통하여 부드럽고 세밀하게 만드는 과정으로 근사화 기법과 보간 기법이 있다. 서브디비전을 위해서는 서브디비전 마스크를 이용하여 새로이 추가될 점을 결정한다.

2.1 근사화 기법

근사화 기법은 서브디비전 으로 생성되는 결과 메쉬가 초기 기본 메쉬의 정점을 지나지 않고 근사하게 되는 기법이다. 초기 기본 메쉬는 스피라인 곡면의 조정점(Control Point)의 역할을 하며, 한 레벨의 서브디비전 과정은 서브디비전 단계(Splitting step)와 평균단계(Averaging step)로 나누어 볼 수 있다.

서브디비전 단계는 서브디비전 될 모서리나 면의 이웃한 정점들의 가중 평균 합을 이용하여 새로운 정점의 위치를 계산한다. 평균단계는 서브디비전 과정에서 새로 생성된 점이 아닌 한 레벨 이전에 존재하였던 점들에 대해 1-이웃 점들의 가중 합으로 위치를 변경시키게 된다.

2.2 보간 기법

보간 기법은 매 단계 서브디비전을 수행할 때 마다 이전 레벨에 존재하던 정점의 위치는 변하지 않는 서브디비전이다. 이렇게 함으로써 새로이 생성되는 정점들은 한번 위치가 정해지면 이후 서브디비전에 영향을 받지 않게 되고 초기 입력 메쉬의 모든 정점들의 위치도 변하지 않게 된다. 그러므로 메쉬 서브디비전

로 생성한 결과 메쉬는 초기 입력 메쉬의 모든 정점을 지나는 메쉬가 되며, 한 레벨의 메쉬 서브디비전 단계는 서브디비전 과정만 있으며 평균과정은 없다.

본 기법은 메쉬 서브디비전 결과로 축소화(Shrinkage)가 발생하지 않는다는 장점이 있으며, 초기 입력 데이터를 모두 지나는 결과를 얻을 수 있으므로 CAD데이터 등 정밀도를 요구하는 응용분야에서 활용될 수 있다.

III. 서브디비전 모델 표현에 관한 연구

3.1 루프 서브디비전 기법

루프 서브디비전 기법[2]은 찰스 루프가 제안하였으며, 3-웨이 박스 스플라인(way box spline)에 기반을 두어 삼각형 메쉬에 대해 반복적인 녹 삽입(knot insertion)을 하여 부드러운 메쉬를 만드는 근사화 기법이다.

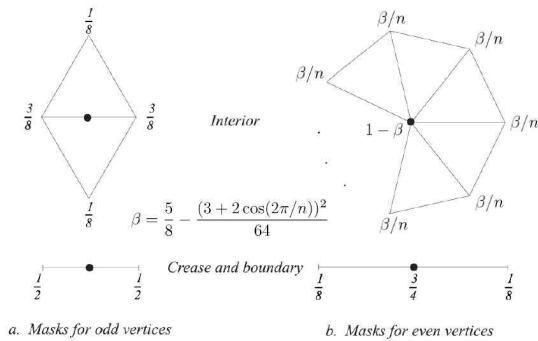
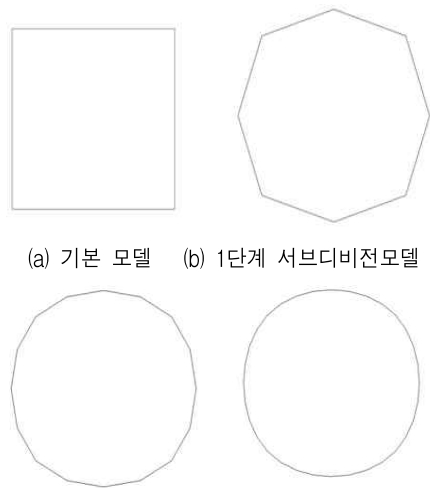


그림 2. 루프 서브디비전의 서브디비전 마스크
Fig 2. Loop subdivision mask

본 기법은 3-차원 박스 스플라인(directional box spline)에 기반 하였으며, 결과 메쉬는 특징점(extraordinary)을 제외한 모든 지역에서 c^2 연속성이 보장되며, 특징점에서는 c^1 연속성이 보장된다. 루프

서브디비전은 3차원 박스 스플라인에 기반을 두어, 레귤러(regular) 메쉬에 대해 $C2$ 연결성을 보장하고, 특징점 꼭짓점에 대해서는 $C1$ 연결성만을 보장한다. 레귤러 메쉬는 내부 꼭짓점에 대해서 6개의 이웃 모서리를 갖고, 외곽(boundary) 꼭짓점에 대해서 4개의 이웃 모서리를 갖는 메쉬를 말하며, 그렇지 않은 점을 특징 꼭짓점이라고 한다.



(a) 기본 모델 (b) 1단계 서브디비전 모델
(c) 2단계 서브디비전 모델 (d) 3단계 서브디비전 모델

그림3. 2차원 사각형모델의 Loop 서브디비전 적용 결과

Fig 3. Result of 2D model using Loop subdivision

루프 서브디비전 기법은 면 서브디비전을 이용하는데, 면 서브디비전이란 초기 메쉬를 세분화 시킬 때 하나의 삼각형의 각 모서리를 두 개로 서브디비전 하여 결과적으로 하나의 삼각형이 네 개의 삼각형으로 서브디비전 되게 하는 방법이다.

루프 서브디비전 기법의 마스크는 그림 2와 같다. β 는 $n > 3$ 일 때 $\beta = \frac{3}{8n}$ 을 적용하고, $n=3$ 일 때 $\beta = \frac{3}{16}$ 을 적용하게 된다.

외곽 모서리와 크리스(crease) 모서리에 대해서는 외곽이나 크리스의 선을 따라 큐빅 스플라인 곡선을 그리는 특수한 법칙을 사용한다. 이 곡선은 외곽이나 크리스에 속한 점에 대해서만 영향 받는다. 이러한 지역적인 마스크를 이용하여 초기 메쉬의 변형이 지역적인 영향만 미치게 되므로, 메쉬의 변형 등이 용이한 장점이 있다.

그림 3은 루프 서브디비전을 적용하여 2차원 사각형 모델에 3단계까지 적용하여 나타낸 결과를 보여준다. 서브디비전이 진행 될수록 사각형 모델이 부드러운 원 형태로 변하는 것을 알 수 있다.

3.2 버터플라이 서브디비전 기법

버터플라이 서브디비전 기법[4]은 Dyn, Gregory, Levin에 의해 제안되었고, 삼각 메쉬에 적용 가능한 메쉬서브디비전 기법이며, 특징점을 제외한 지역에서 C^1 연속성이 보장된다. 버터플라이 서브디비전은 보간 기법이며 이것은 기존의 점들은 변화가 없고 단지 면(face)이나 모서리(edge)를 서브디비전 하여 새로 생성되는 점들의 위치만 규칙에 의해 정해지는 방법을 말한다.

보간 기법은 초기 메쉬의 조종 점이 여러 단계를 거듭 서브디비전을 해도 계속 조종 점으로 남기 때문에 직관적으로 메쉬를 편집하기 쉬우며, 또한 서브디비전을 이용하는 또 다른 알고리즘에서 다뤄야 할 점의 개수가 줄어들어 결과적으로 알고리즘이 간편해지게 되는 장점이 있다. 버터플라이 서브디비전 역시 면 서브디비전 방법을 사용한다.

하지만 초기의 버터플라이 서브디비전은 이웃 꼭지점의 개수가 3개이거나 7개 이상인 특정 꼭지점에서 C^1 연속성을 보장하지 못한다. 모든 임의의 메쉬에서 C^1 연속성을 보장하기 위해 수정된 버터플라이 서브디비전이 제안되었다.

그림 4는 수정된 버터플라이 서브디비전의 마스크이다.

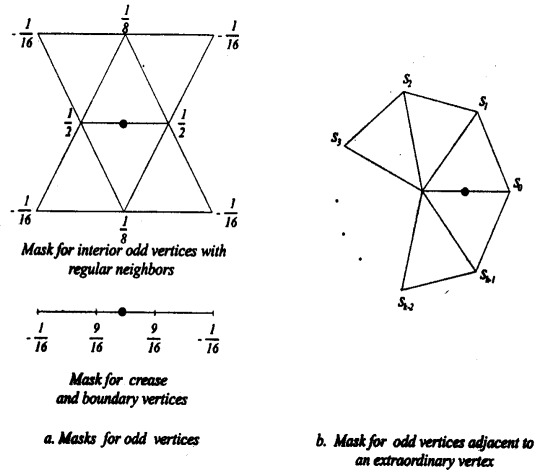


그림 4. 수정된 버터플라이 서브디비전의 서브디비전 마스크
Fig 4. Modified butterfly mask



그림 5. 2차원 사각형모델의 Modified butterfly 서브디비전 적용 결과

Fig 5. Result of 2D model using Modified butterfly

그림 5는 수정된 버터플라이 서브디비전을 적용하여 2차원 사각형 모델에 3단계까지 적용하여 나타낸 결과를 보여준다. 서브디비전 이 진행 될수록 사각형 모델이 부드러운 원 형태로 변하지만 루프 서브디비전과는 원 형태로는 변하지 않는 것을 알 수 있다.

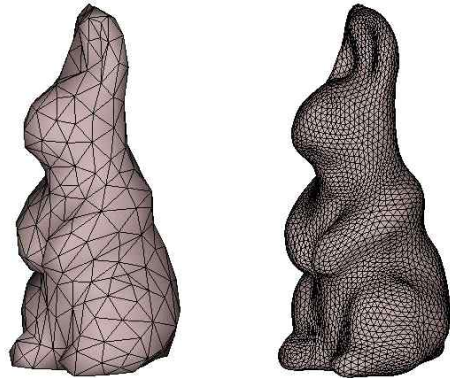
IV. 다단계 서브디비전 모델 생성 연구

3장에서 설명한 서브디비전 기법들을 이용하여, 본 절에서는 원하는 복잡도를 가진 서브디비전 모델을 생성하는 방법에 대해 설명한다. 기본 모델이 주어지면, 기본 모델을 서브디비전하여 원하는 복잡도를 가진 단계별 서브디비전 모델을 생성한다.

단계별 서브디비전 모델과 점 데이터 사이의 차이 값을 성공적으로 샘플링하기 위해서는 단계별 서브디비전 모델이 입력 점 데이터에 충분히 가까워야 한다. 그러나 근사화 기법인 루프 모델서브디비전 방법을 사용하는 경우, 메쉬 축소 현상이 발생하기 때문에 이를 보정해 주어야 한다. 이를 위해서 모델서브디비전 근사기법을 도입하여 입력 점 데이터에 최대한 근사 하면서 부드러운 단계별 서브디비전 모델을 생성한다. 루프 모델서브디비전 기법 이외에 버터플라이 등 다른 서브디비전 기법을 사용할 수 있으며, 본 프로토타입 연구에서는 루프 모델서브디비전 기법을 사용한다.

차이맵[8]을 이용하여 서브디비전 메쉬를 생성하는 전체 기본 모듈은 다음과 같이 크게 세 부분으로 구분된다. 입력받은 메쉬를 단순화 알고리즘[9, 10, 11]으로 간략화 하여 기본 메쉬를 생성한다.

매 단계 단순화는 이웃 점들의 정점 법선 방향을 조사하여 삭제 가능여부를 판별하게 된다. 기본 메쉬가 생성되면 이를 서브디비전 하여 생성할 결과 메쉬와 입력받은 메쉬와의 거리가 최소가 되도록 기본 메쉬의 모양을 수정한다.



(a) 기본모델 (b) 3단계 서브디비전모델
그림 6. 서브디비전 근사기법을 이용한 n단계 서브디비전모델 생성

Fig 6. generation of n-th subdivision model using subdivision surface

루프 서브디비전 기법으로 생성할 기본 메쉬의 표면이 원본 메쉬와 최대한 근접하도록 기본 메쉬를 최적화 한다. 기본 메쉬를 입력받은 메쉬와 비슷해 질 때까지 루프 서브디비전 기법으로 서브디비전 된 부드러운 표면을 생성한다. 메쉬 표면의 각 정점에서 극한 위치와 극한법선 벡터를 구하여 그 방향으로 입력받은 메쉬와의 차이 값을 측정한다.

V. 다단계 서브디비전 모델 복원 연구

본 절은 다단계 서브디비전 모델을 다시 복원하는 것에 초점을 둔다. 3D 다해상도 모델을 전송받은 클라이언트 측의 처리 능력이나 원하는 상세 정보에 따라 기본모델과 서브디비전 규칙과 선택된 단계별 차이맵을 이용하여 원하는 상세단계의 서브디비전 모델 복원을 행한다.

서브디비전 규칙은 사용자가 원하는 것을 선택하여 사전에 정의된 것을 사용하므로 모델의 전송이나 표현에 있어서 최소화된 기본모델과 차이맵 정보만을

이용하는 최적화된 다단계 서브디비전 모델의 표현이 나 전송이 가능하도록 설계한다.

VI. 프로토타입 설계

본 프로토타입 연구에서의 개발환경은 윈도우 7 환경에 Visual Studio2008을 이용하였고, OpenGL 라이브러리를 이용하여 설계 및 구현하였다.

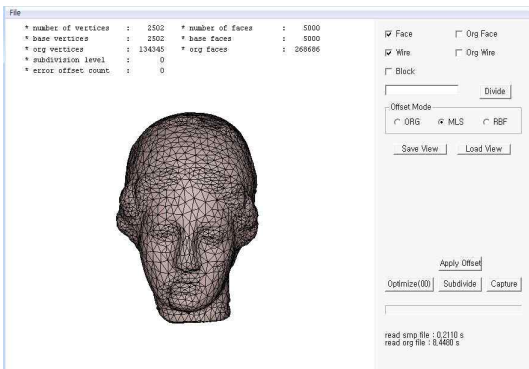


그림 7. 프로토타입 프로그램을 이용한 기본 모델 렌더링
Fig 7. Initial model rendering using prototype program

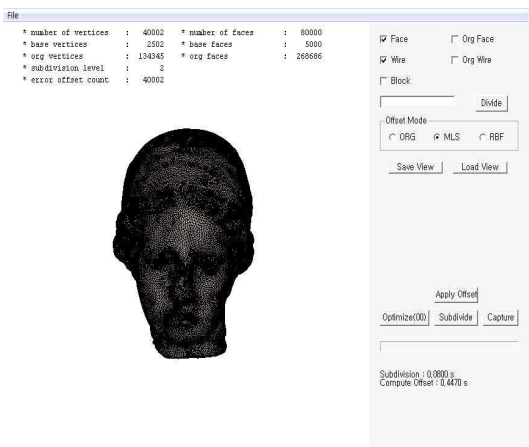


그림 8. 프로토타입 프로그램을 이용한 기본 모델 렌더링
Fig 8. n -th subdivision model rendering using prototype program

그림 8은 프로토타입 프로그램을 이용하여 기본 모델을 n 번 서브디비전 한 결과를 보여준다. 그림 7과 비교하여 메쉬 데이터는 늘었지만, 부드럽게 서브디비전 된 결과를 보여준다.

VII. 결론

본 논문은 '3차원 다해상도 모델의 서브디비전 저작 프로토타입 연구'로써 인터넷상에서 3차원 모델을 점진적으로 전송하기 위한 기반 기술에 대한 프로토타입 방법을 제공한다. 인터넷 사용자들은 3차원 제품을 실시간으로 볼 수 있기 때문에, 본 프로토타입 연구는 인터넷을 이용한 상업에 영향을 끼칠 수 있는 기술이다.

또한 가상환경에서도 제안된 다해상도 표현 기술은 자동적으로 애니메이션에 응용되고, 영화 산업 및 3D 게임 엔진, 3D 그래픽 디스플레이 그리고 인터넷을 통한 전송 등에 활용될 수 있다.

참고문헌

- [1] 대한민국 게임백서, 한국콘텐츠진흥원, 2010
- [2] Loop, C. Smooth Subdivision Surfaces Based on Triangles. Master's thesis, Dept. of Mathematics, Univ. of Utah, Aug. 1987.
- [3] Jos Stam: Evaluation of Loop Subdivision Surfaces, Computer Graphics Proceedings ACM SIGGRAPH 1998
- [4] Dyn, N., Levin, D., and Gregory, J. A butterfly subdivision scheme for surface interpolation with tension control. ACM TOG 9, 2 (Apr. 1990), 160-169.
- [5] Zorin, D., Schroder, P., and Sweldens, W. Interpolating subdivision for meshes with arbitrary topology. In Proc. SIGGRAPH 96 (Aug. 1996), pp. 189-192.
- [6] H. Hoppe. Progressive Meshes. In SIGGRAPH 96,

- p99-108, August 1996.
- [7] H. Hoppe. View-dependent refinement of progressive meshes. In SIGGRAPH 97, p189-198, August 1997.
- [8] Jeong, W.-K. and Kim, C.-H. Direct reconstruction of displaced subdivision surface from unorganized points. Graphical Models 64, 2 (Mar. 2002), 78-93.
- [9] M. Garland and Paul S. Heckbert. Mesh simplification with quadric error metrics. In SIGGRAPH 97, p209-216, August 1997.
- [10] M.Garland and P. Heckbert. Simplifying surfaces with color and texture using quadric error metrics, IEEE Visualization'98, p263-269, October 1998.
- [11] H. Hoppe. New quadric metric for simplifying meshes with appearance attributes, IEEE Visualization'99, p59-66, October 1999.



성경 (Kyung Sung)

2003년 한남대학교 컴퓨터공학과 박사
1994년 동해대학교 컴퓨터공학과 교수

2004년~현재 목원대학교 컴퓨터교육과 교수
※ 관심분야: 정보보호 및 정보관리, 컴퓨터네트워크, 신
경회로망, 컴퓨터교육

Acknowledgement

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2011년도 산학연공동기술개발사업(No. 00047146-2)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

저자소개



김수균(SooKyun Kim)

2006년 고려대학교 컴퓨터학과(이학박사)
2006년~2008년 삼성전자 통신연구소
책임 연구원

2008년~현재 배재대학교 게임공학과 조교수
※ 관심분야: 기하모델링, 게임그래픽, 실감미디어