

가상 환경 생성을 위한 깊이 기반 메쉬 모델링¹⁾

*이원우, 우운택

광주과학기술원 U-VR 연구실

e-mail : wlee@kjist.ac.kr, wwoo@kjist.ac.kr

Depth-based Mesh Modeling for Virtual Environment Generation

*Wonwoo Lee, Woontack Woo

Kwangju Institute of Science and Technology, U-VR Lab.

Abstract

In this paper, we propose a depth-based mesh modeling method to generate virtual environment. The proposed algorithm constructs mesh model from unorganized point cloud obtained from a multi-view camera. We separate the point cloud consisting objects from the background. Then, we apply triangulation to each object and background. Since the objects and the background are modeled independently, it is possible to construct effective virtual environment. The application of proposed modeling method is applicable to entertainment, such as movie and video game and effective virtual environment generation.

I. 서론

임의의 point cloud로부터 폴리곤 모델을 생성하는 과정은 높은 수준의 모델링과 시각화의 요구를 충족시킬 수 있기 때문에 영화나 비디오 게임과 같은 엔터테인먼트, 가상현실 그리고 여러 그래픽 응용 어플리케이션 분야에서 그 필요성이 대두되고 있다. 최근에는 3차원 레이저 스캐너가 보급되면서 높은 정밀도의 점 데이터를 얻고, 이 점들이 분포하는 객체의 표면을 재구성하는 연구가 이루어지고 있다.

모델을 재구성하는 연구는 주로 CAD/CAM 분야와 비전 분야에서 이루어져 왔다. CAD/CAM 분야에서 Hoppe는 signed distance function을 이용해 임의의

point cloud로부터 메쉬 모델을 생성하는 방법을 제안하였으며, Levoy는 3차원 스캐너를 이용하여 조각상을 메쉬 모델로 복원하는 작업을 진행하였다 [1][2]. 비전 분야에서 Terzopoulos는 deformable superquadric을 이용해 주어진 데이터에 근사한 곡면을 생성하는 방법을 제안하였고, Cohen은 3D deformable surface를 이용하였다 [3][4]. 또한 Fua는 클러스터링을 통해 local surface patch를 사용하는 알고리즘을 제안하였다 [5]. 모델의 재구성은 입력 데이터가 알고리즘이 요구하는 특정한 조건을 만족시키지 못하면 잘못된 결과를 내기도 한다 [6]. CAD/CAM 분야에서는 모델링의 대상이 하나의 닫힌 형태를 가진 객체에 국한되는 반면, 비전 기반 모델링의 경우, 데이터가 2.5 차원의 형태이며, 객체와 배경에 관한 정보를 함께 포함한다는 차이점을 가진다. 비전 기반의 알고리즘들은 모든 점 데이터가 하나의 객체를 구성하고 있다는 전제를 가지고 있으며, 객체가 따로 분리되어 있는 상태에서 적용 가능하다는 제약을 갖는다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서 가상 환경 생성을 위한 깊이 기반 메쉬 모델링 방법을 제안한다. 제안된 알고리즘은 임의의 point cloud로부터 점들의 위치 정보만을 이용해 가상 환경을 메쉬 모델로 표현한다. 객체와 배경 모델을 분리하여 생성함으로써 2.5차원의 모델을 제공할 수 있다. 제안된 알고리즘은 크게 데이터 분리 및 메쉬 모델 생성 단계로 구성된다. 데이터 분리 단계에서는 공간상에 분포하는 점들을 객체와 배경을 이루는 점들로 서로 분리해 낸다. 메쉬 모델 생성 단계에서는 분리된 각각의 점들에 대해 3차원 공간에 메쉬 모델을 생성한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 제안

1) 본 연구는 한국전자통신연구원의 지원에 의하여 수행됨

된 깊이 기반 메쉬 모델링에 대해 각 단계별로 설명한다. 3장에서는 실험 결과를, 그리고 4장에서는 결론 및 향후과제에 대해 기술한다.

II. 깊이 기반 메쉬 모델링

깊이 기반 메쉬 모델링은 효과적인 가상 환경 생성을 위해 객체와 배경을 분리하여 각각 독립적으로 메쉬 모델링한다. 제안된 알고리즘은 데이터 분리와 메쉬 모델 생성의 두 단계로 이루어진다. 데이터 분리 단계는 멀티뷰 카메라로부터 얻은 임의의 3차원 point cloud로부터 각각의 객체를 이루는 점들을 분리해 내는 과정이다. 공간 분할을 통해 점의 집합들을 만들고, 인접한 점의 집합과의 연결성을 판단한다. 연결되어 있는 점의 집합은 동일한 객체의 표면에 존재하는 것으로 결정하고 이를 이용해 객체와 배경을 분리한다. 메쉬 모델 생성 단계에서는 배경과 분리된 객체의 점 데이터를 2차원 좌표로 변환한 다음, 이에 대해 Delaunay 삼각화를 적용하여 각 점들 사이의 연결 정보를 얻어낸다. 이 정보를 바탕으로 3차원 공간상에 메쉬 모델을 생성한다.

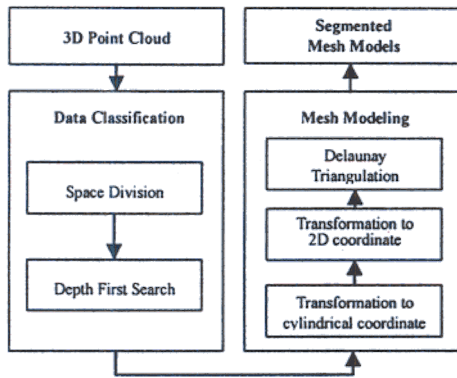


그림 제안된 알고리즘의 순서도

그림 1은 제안된 알고리즘의 각 단계를 보여준다.

2.1 데이터 분리 (Data classification)

멀티뷰 카메라를 통해 얻은 점 데이터는 고밀도의 분포를 갖는다. 따라서, 인접하고 있는 두 육면체 내부에 존재하는 점들은 동일한 객체의 표면을 구성한다고 가정할 수 있다. 데이터 분리의 첫 번째 단계로, 그림 2와 같이 전체 공간에 대한 경계 볼륨을 작은 단위 육면체로 분할하고 각 단위 육면체의 내부에 속하는 점들의 정보를 저장한다.

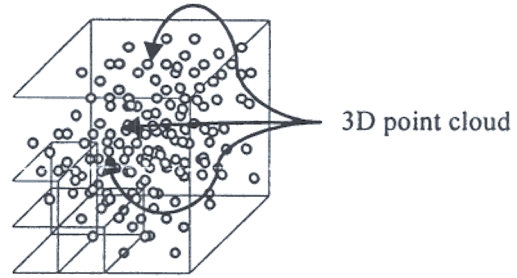


그림 2 클러스터링을 위한 공간 분할

하나의 육면체의 주변에 분포하는 점들을 찾기 위해 육면체들의 여섯 면에 인접한 서로 다른 6개의 육면체들을 검사하여 내부에 점이 존재하는 경우 해당 육면체의 인덱스를 인접 리스트 형식으로 저장한다. 그림 3은 인접 리스트를 생성하기 위해 인접한 육면체를 검사하는 과정을 보인 것이다. 하나의 객체를 이루는 점들을 찾기 위해 인접 리스트를 통해 육면체를 하나의 노드로 하는 그래프를 구성한다. 임의의 노드를 선택한 다음 깊이 우선 탐색법 (Depth First Search : DFS)을 적용하면 서로 연결되어 있는 모든 육면체들의 정보를 얻을 수 있다. 연결되어 있는 육면체들의 내부에 분포하는 점들은 단일 객체를 구성한다고 볼 수 있으므로 이 과정을 통해 전체 점 데이터로부터 동일한 객체를 구성하는 점들을 분리한다.

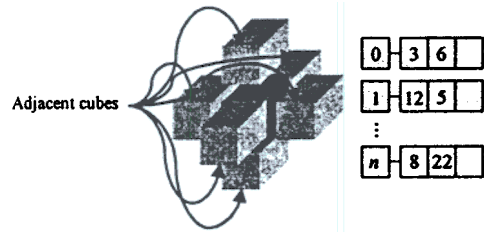


그림 3 인접 리스트의 생성

2.2 메쉬 모델 생성 (Mesh Modeling)

데이터 분리 단계에서 분리해 낸 점의 집합들에 대해 Delaunay 삼각화를 적용하기 위해 먼저 좌표 변환 과정을 수행한다. 그림 4는 좌표 변환 과정을 순서대로 나타낸 것이다. 먼저, 데이터 분리 과정에서 찾은 점의 집합들 중의 하나인 sub-point cloud에 대해 중심점 (C_x, C_y, C_z)를 구하고, 이를 원점으로 하는 지역 좌표계로부터 임의의 점 $P_i(x_i, y_i, z_i)$ 를 식(1)을 통해 지역 통 좌표계 (r_i, θ_i, h_i)로 변환한다.

$$\theta_i = \cos^{-1} \frac{x_i}{l_i}$$

$$h_i = y_i \quad (1)$$

$$r_i = \text{Radius}$$

위 식에서 l_i 는 식(2)와 같이 정의된다.

$$l_i = \sqrt{(C_x - x_i)^2 + (C_z - z_i)^2} \quad (2)$$

각도 θ 는 +z 축을 중심으로 $[-\pi, \pi]$ 의 범위를 갖도록 하고, r 값은 일정하게 고정하여 모든 점이 원통의 표면에 매핑되도록 하였다. 원통 좌표계로 변환 후, 다시 원통 좌표계를 식(3)을 통해 2차원 좌표계로 변환한다

$$x_i' = r_i \theta_i$$

$$y_i' = h_i \quad (3)$$

2차원 좌표계로 변환된 점들을 Delaunay 삼각화를 통해 2차원 메쉬를 생성하고 2차원에서 얻은 각 점 사이의 연결 정보를 이용하여 3차원 공간에 메쉬를 구성한다.

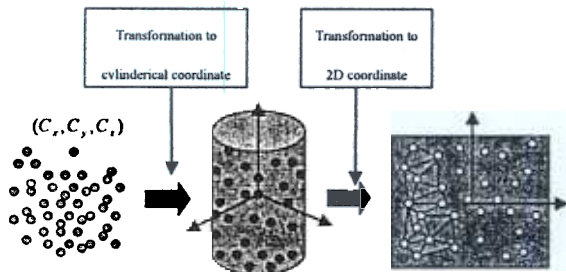


그림 4 메쉬 모델링 과정

III. 실험 결과 및 고찰

제안된 알고리즘을 검증해 보이기 위해 가상으로 생성된 깊이 정보와 실제 깊이 정보를 이용하였다. 가상의 깊이 정보 생성에는 공개 컴퓨터 그래픽스 라이브러리인 OpenGL을 사용하였으며, 실제 데이터를 얻기 위해서 PointGrey 사의 멀티뷰 카메라인 Digiclops를 사용하였다. 그림 5는 가상으로 생성된 데이터에 제안된 알고리즘이 적용된 결과를 보여준다. 그림 5(a)는 입력으로 사용된 장면을 나타낸다. 그림 5(b)는 입력된 점 데이터, 그리고 그림 5(c)는 알고리즘 적용의 결과로 생성된 메쉬 모델을 나타낸다. 두

객체가 배경으로부터 분리되어 모델링 되어 있는 것을 볼 수 있다. 배경과 카메라 사이를 객체가 가로막는 부분은 점 데이터를 획득할 수 없기 때문에 데이터가 존재하는 부분에 비해 자연스럽게 못한 메쉬가 생성되었다. 그림 5(d)는 생성된 메쉬 모델을 확대한 것으로 데이터가 존재하는 곳은 메쉬가 일관성있게 생성됨을 알 수 있다.

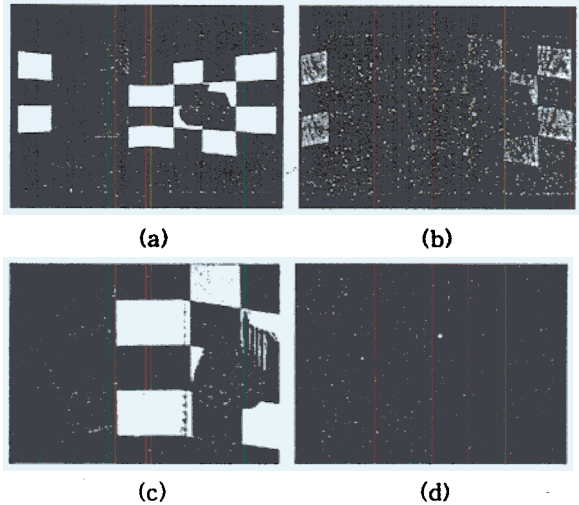
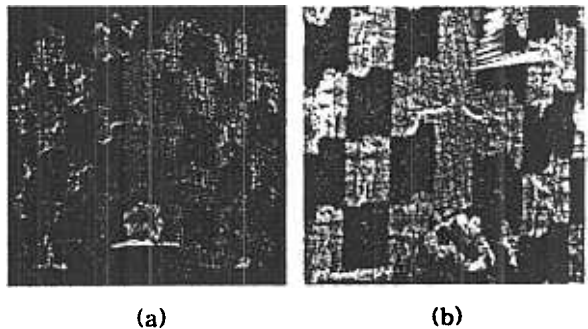
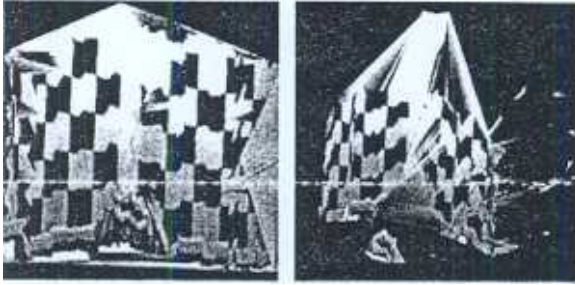


그림 5 가상의 데이터에 알고리즘을 적용한 결과 (a) 가상 데이터를 얻기 위한 장면 (b) 입력으로 사용된 점 데이터 (c) 생성된 메쉬 모델 (d) 메쉬 모델을 확대한 모습

그림 6은 멀티뷰 카메라로부터 얻은 point cloud에 제안된 모델링 방법을 적용한 결과이다. 그림 6(a)와 그림 6(b)는 입력으로 사용된 점 데이터와 알고리즘 적용의 결과로 생성된 메쉬 모델을 나타낸다. 그림 6(c)와 그림 6(d)는 생성된 모델을 폴리곤으로 표현한 것으로 객체와 배경과 분리되어 모델링 된 것을 볼 수 있다.





(c) (d)

그림 6. 실제 데이터에 알고리즘을 적용한 결과 (a) 입력된 점 데이터 (b) 생성된 메쉬 모델 (c) 폴리곤 모델 (d) 배경과 분리되어 모델링 된 객체

그림 6에서 보여지는 것처럼, 그림 5가 보여주는 이상적인 가상의 데이터와는 달리 실제 카메라로부터 구한 거리 정보에는 많은 잡음이 있기 때문에 메쉬 모델이 가상의 데이터에 비해 부자연스럽게 생성되었다. 실제 구한 거리 정보가 균일하지 않은 것은 조명과 같은 주변 환경, 기기의 오차, 카메라 보정 오차 등에서 기인한다. 데이터의 오차에 가장 큰 영향을 미치는 것은 카메라의 보정 오차이므로 정확한 카메라 보정을 수행한 후, 보정된 카메라를 통해 얻은 고정밀의 point cloud를 이용하면 더 자연스러운 메쉬 모델을 생성할 수 있을 것으로 보인다.

IV. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 가상 환경 생성을 위한 깊이 기반 메쉬 모델링 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 영상에 대한 정보 없이 3차원 점 정보만을 이용하여 메쉬 모델을 생성한다. 여러 개의 객체들이 존재하는 경우 각 객체를 배경으로부터 분리하여 모델링 과정을 독립적으로 수행할 수 있으며 이를 통해 효과적인 가상 환경을 생성할 수 있다. 향후 데이터 분리 단계에서 실험적으로 결정된 단위 육면체의 크기를 데이터 분석을 통해 결정함으로써 보다 정확하게 객체와 배경을 분리할 수 있을 것이다. 비전 기반으로 얻은 point cloud는 정밀도에 비해 상당히 많은 수의 점들로 구성되어 있으므로 메쉬의 단순화 과정을 통해 점의 수를 줄임으로써 렌더링 성능의 향상을 가져올 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] Hoppe, H. et al., Surface reconstruction from unorganized points. ACM Proc. of Siggraph, pp.

71-78, 1992

[2] Levoy, M, The digital Michelangelo project, 3-D Digital Imaging and Modeling. Proceedings. Second International Conference, pp. 2 -11, 1999.

[3] Terzopoulos, D.; Metaxas, D., Dynamic 3D models with local and global deformations : deformable superquadrics, Computer Vision, Proceedings, Third International Conference, pp. 606 -615, 1990.

[4] Isaac Cohen, Laurent Cohen, and Nicholas Ayache. Introducing deformable surfaces to segment 3D images and infer differential structure, Technical report, INRIA, 1991

[5] P. Fua and P. T. Sander, Reconstructing surfaces from unstructured 3d points, In Proceedings of Image Understanding Workshop, pp. 615-625, 1992.

[6] Remondino, F., From point cloud to surface: the modeling and visualization problem, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXIV-5/W10. International Workshop on Visualization and Animation of Reality-based 3D Models, Tarasp-Vulpera, Switzerland, 2003

[7] Heckel, B., Uva, A.E., Hamann, B. and Joy, K.I., Surface reconstruction using adaptive clustering methods, in: Brunnett, G., Bieri, H. and Farin, G., eds., Geometric Modelling: Dagstuhl, Computing Suppl. 14, Springer-Verlag, pp. 199-218, 1999