

## 형상 및 색상기반 3차원 컬러 스캔 데이터의 감소방법

강의철<sup>o</sup> 우혁제 김덕봉 이관형  
광주과학기술원 기전공학과<sup>o</sup>, 경기공업대학교 정밀기계시스템과  
{eckang<sup>o</sup>, eorka333, lee}@kyebek.gist.ac.kr, wooh@kinst.ac.kr<sup>\*</sup>

### Data Reduction Method Based On Geometry and Color Variation For 3D Color Scan Data

EuiChul Kang<sup>o</sup> HyuckJe Woo DuckBong Kim KwanHeng Lee  
Mechatronics, GIST

#### 요 약

3차원 스캔 데이터는 물체의 형상정보를 표현하는 Euclidian 공간상의 점데이터의 집합으로 정의될 수 있으며, 복잡한 3D 컨텐츠 및 모델을 사실적이고 효율적으로 생성하기 위한 기초 정보로 사용된다. 최근 3차원 스캐닝기술의 발전으로 고정밀도의 형상정보뿐만 아니라 색상정보의 획득이 가능해 졌으며, 데이터의 용량이 비약적으로 증가하였다. 본 논문에서는 기존의 형상기반 점데이터 감소 방법의 한계를 극복하기 위해 색상이 동시에 고려되는 효율적인 점데이터 감소방법을 제안한다.

#### 1. 서 론

산업적 응용을 목적으로 하는 3차원 스캐닝 기술은 전통적인 3D 형상모델링을 수행하는 CAD 및 전산역설계 분야를 비롯하여 최근에는 3D 애니메이션, 영화, 실감방송, 게임 캐릭터 제작, 가상현실 등의 방대한 분야로 확장되고 있다. 이러한 추세를 반영하기 위해선 보다 사실적인 가상의 컴퓨터 모델이 필요하며, 이를 위해 형상의 정밀한 모델링과 표면 색상의 표현은 매우 중요하다.

3차원 컬러 스캔 데이터를 모델링에 활용할 경우, 획득된 점데이터는 항상 오버 샘플링된 상태에서 24bit 색상 정보를 포함하고 있는 대용량 데이터이므로 효율적으로 모델링을 수행하기 위해서는 필요한 점데이터만을 선택적으로 추출할 수 있는 데이터 감소방법이 절대적으로 필요하다.

일반적으로 점데이터는 측정기의 오차로 인한 고유 노이즈, 여러 방향에서 측정된 데이터의 정합시 발생할 수 있는 정합오차, 중첩 등을 포함하고 있으므로 전처리과정을 통해 모델링에 활용 가능한 형태로 가공하여 사용하게 된다. 본 연구는 가공이 되지 않은 원시 3차원 컬러 스캔 데이터를 입력으로하여 추가 작업없이도 메쉬모델의 생성이 가능한 양질의 점데이터를 얻기위한 데이터 감소 방법의 개발을 목적으로 한다. 기본적으로 데이터 감소는 모델링 기초 정보의 손실을 초래하므로 결과 모델의 품질을 유지하면서 고감소율을 얻기 위해선 형상 및 색상을 모두 고려할 수 있는 분석방법이 필요하다.

#### 2. 기존의 데이터 감소방법

##### 2.1 점기반 감소 방법

상용소프트웨어에서는 주로 간단하면서도 강건한 점데이터 감소방법들을 제공하는데, 점데이터의 정렬 순서를 기반으로 매 n번째 점만을 추출하는 uniform 샘플링, 일정크기의 배타적인 공간에서 한 점을 추출하는 space 샘플링, 점간 직선거리 기반의 chordal deviation 방법 등 [1]이 이에 해당한다. Lee[2]에 의해 제안된 비균일 3차원 그리드를 이용한 방법은 Octree를 이용하며, 점데이터의 normal vector만을 이용해 효과적으로 데이터 감소를 수행할 수 있다. 또한 형상의 변화량에 해당되는 curvature를 기반으로 하는 방법[3]은 현재 널리 사용되고 있으며 국부 형상의 분석을 위해서는 k-neighbor 와 같은 인접관계를 이용해야 한다. 하지만 현재, 점기반의 데이터 감소 방법 중 색상을 고려 한 방법은 거의 없는 실정이다.

##### 2.2 삼각메쉬 기반 감소 방법

고용량의 메쉬모델로부터 원하는 수준의 간략화된 모델을 얻기 위해서는 많은 연구들이 Garland의 edge collapse 와 QEM(Quadric Error Metric)[3]에 기초하여 수행되어 왔다. 기본적으로 QEM은 메쉬상의 한 vertex가 collapse 될 때 국소 평면과의 수직거리의 제곱의 합을 최소화하는 edge부터 제거하는 progressive 한 방법으로, 확장된 QEM 방법[4]은 각 vertex에 RGB 컬러나 텍스처와 같은 속성값을 부여할 수 있게 함으로써 효율적으로 메쉬감소를 수행한다.

하지만 이러한 방법은 메쉬에 적용되므로 대용량 메쉬를 먼저 생성해야 하며, 여러의 최대 허용값을 지정하지 못해 과도한 감소 후엔 모델의 topolgy가 깨질 수 있는

단점이 있다. 또한 메쉬의 감소는 모델링 후처리 작업에 해당되므로 초기 데이터의 노이즈, 중첩 등은 다룰 수 없고, 감소과정에서 메쉬의 모양을 제어할 수 없으므로 동일한 형상 변화를 갖는 영역에서도 메쉬 밀도와 모양이 일정하지 않다. 이를 극복하기 위해 smoothing, relaxation, sub-division 등의 추가 작업을 거쳐야만 양질의 결과를 얻을 수 있다.

3. 형상 및 색상정보를 고려한 점데이터 감소

3.1 전체 알고리즘

점데이터 감소를 위해 제안된 알고리즘은 형상-색상을 동일 차원화하여 통합 error metric을 만들 때 발생할 수 있는 스케일문제 등과 같은 차원변환 오류를 고려하여, 기본적으로 형상분석을 위해선 Local feature size 분석을 이용하고 국부 색상 변화량을 계산해서 양측면의 품질을 유지시키는 two-step 방법을 개발했다. 전체적으로는 초기 바운딩 상자기반으로 루트 그리드를 계산하고, Octree분할을 수행하며 원하는 수준까지 공간을 분할하고 한 그리드내에서 대표점을 추출하는 방식이다. 입력된 각 점의 Local feature size는 그리드의 분할상태와 관련 없이 계산될 수 있으므로 초기에 일괄적으로 계산이 가능하지만, color deviation은 해당 그리드 내의 점들간의 분포이므로 나중에 계산되어야 한다.

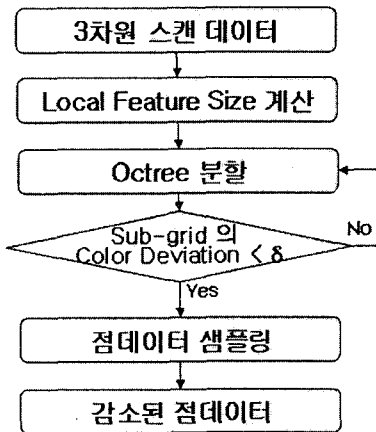


그림 1. 제안된 형상-색상의 two-step 알고리즘

3.2 Local Feature Size 분석

Local feature size( $\epsilon$ )는 해당 점에서 Medial Axis까지의 거리를 의미하며, 형상의 복잡도를 나타낼 수 있는 정량적 지표로, Voronoi 다이어그램 근사화에 의해 효율적으로 계산될 수 있다[6]. 각 점을 기준으로 필요한 형상 정밀도를 유지의 판단 없이 계산 가능한 장점이 있으며, 본 연구에선 일반적인  $0.4 \times \epsilon$ 을 사용하여 최적화하였다. 그림 2. 에서처럼  $\epsilon$ 이 작아질 때 형상이 복잡해지므로 해당영역에선 작은 크기의 그리드를 이용하여 샘플링 비율을 높게 유지하여야 한다.

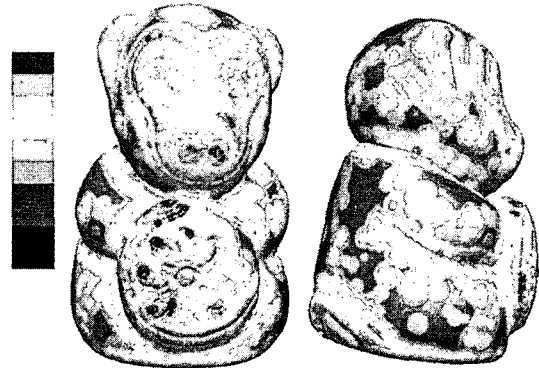


그림 2. 계산된 Local Feature Size Field

3.3 색상 Deviation 분석

색상의 경계가 변하는 부분에서 고 샘플링 비율을 유지하지 않았을 경우, 생성된 메쉬의 컬러 경계선에서 그림 3. 과 같은 깨짐현상이 발생하게 된다. 이를 피하기 위해 한 그리드 안에 존재하는 모든 점들의 color deviation

$$\left\| \sum_i (RGB - RGB_i) \right\|$$

이 사용자가 입력한  $\delta$  값보다 클 경우 색상 feature를 포함하는 것으로 간주하여 분할을 계속한다.



그림 3. 색상경계의 고려가 없는 샘플링

3.4 점데이터 감소

분할 후의 그리드는 그림 4.와 같이 형상과 색상의 변화량에 따라 세분화 되어있다. 임의의 그리드안의 점은 또 다른 그리드에는 포함될 수 없는 성질이 있으므로 각 그리드안에서 하나의 대표점을 추출하는 것으로 점데이터의 감소를 수행할 수 있다. 메쉬생성을 목적으로할 경우, 대표점은 그리드의 중심에 가까운 점을 선택할 때, 점데이터의 밀도가 가장 균일할 수 있고 메쉬의 모양 역시 정규메쉬 (regular mesh)모양에 근접할 수 있다.

Octree 분할 후8개의 자식 그리드는 부모 그리드의 모양과 동일한 aspect ratio를 가지므로 루트 그리드는 바운딩 박스를 기준으로 cubic 그리드를 별도로 생성하여야 한다.

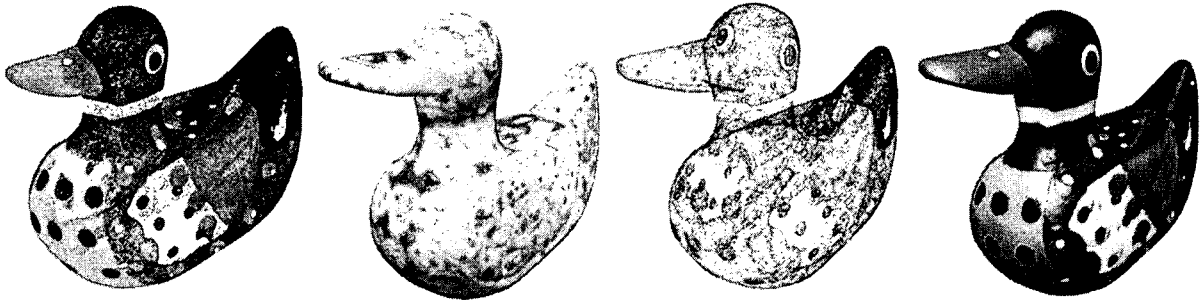


그림 5. 형상-색상을 고려한 데이터 감소방법의 전체 과정  
(왼쪽부터 초기 입력 점데이터, Local Feature Size Field, 샘플링 후의 점데이터, 생성된 메쉬모델)

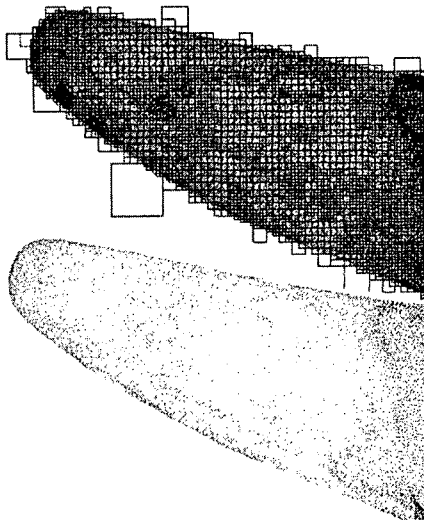


그림 4. 생성된 그리드와 샘플링된 점데이터

#### 4. 실험결과

제안된 알고리즘은 Pentium IV, Windows, VC++, OpenGL 환경에서 구현되었다. 그림 5.는 초기 200만 점 데이터 모델로부터 형상분석, 색상 편차 분석, 대표점 샘플링과정을 거쳐 22만 점데이터 모델로 감소되고 이로부터 고품질의 삼각메쉬 모델을 생성한 예제를 보여준다. 형상적 측면에선 고정밀도의  $\epsilon$ -sampling 을 만족시키고, 색상의 변화량이 큰 영역에선 경계영역을 잘 보존할 수 있도록 많은 데이터를 보존한다.

#### 5. 결론 및 향후 연구

본 연구에서 개발된 점데이터 감소 방법은 높은 감소율에서도 형상 및 색상의 보존을 극대화 할 수 있도록 local feature size 와 color deviation 분석을 수행하여 샘플링 비율을 국부적으로 자동 조정함으로써 사용자가 원하는 형상 및 색상 정밀도를 유지시킨다.

정렬되지 않은 대용량 3차원 컬러 스캔 데이터에 직접 적용 가능하며, 점데이터 처리 이후 생성될 메쉬의 품질을 고려하여 점데이터가 균일하게 분포하는 우수한 샘플링 방법이다. 향후 연구로는 non-manifold face가 없는 메쉬모델 자동생성, 컬러 분할 기준인  $\delta$ 의 최적화에 대한 연구를 수행할 예정이다.

#### 감사의 글

본 연구는 광주과학기술원 실감방송 연구센터를 통한 정보통신부 대학 IT 연구센터(ITRC) 사업의 지원과 광주과학기술원 실감 콘텐츠 연구센터(ICRC)를 통한 과학기술부 특정 연구개발 사업의 지원에 의한 것입니다.

#### 6. 참고문헌

- [1] Surfacer User' s manual, Imageware, 1999.
- [2] Lee, K. Woo H. and Suk, T., " Point Data Reduction Using 3D Grids," International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol 18, No. 3, pp. 201-210, 2001.
- [3] Fabio, R., " From Point Cloud To Surface: The Modeling and Visualization Problem" , International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information, XXXIV-5/W10, pp. 215-230, 2003.
- [4] Garland, M. and Heckbert, P., " surface simplification using quadric error metrics," Proceedings of Siggraph, pp.209-216, 1997.
- [5] Garland, M. and Heckbert, P., " Simplifying Surfaces with Color and Texture Using Quadric Error Metrics," Proceedings of IEEE Visualization, pp. 263-269, 1998.
- [6] Dey, T. K. and Zhao, W., " Approximating the Medial Axis from the Voronoi Diagram with a Convergence Guarantee" , Algorithmica, Vol 38, No. 1, pp. 179-200, 2004.