

참조 모델을 이용한 3D 스캐닝 데이터에서 음영을 제거하는 방법

이승준, 이환용
아주대학교

henry174@ajou.ac.kr, hwan@ajou.ac.kr

Method of elimination of shade from 3D scanned data using a reference model

Seungjun Lee, Hwanyong Lee
Ajou Univ.

요 약

외부 조명의 영향을 받는 환경에서 광학 3D 스캐너로 물체를 스캐닝하면 외부 조명 환경에 따라 물체에 음영이 생기게 된다. 이 상태로 스캐닝 된 모델은 이후에 추가 처리를 하지 않을 경우 원하지 않는 렌더링 결과를 만들 수 있다. 본 연구에서는 흰색 구형 석고상을 참조 모델로 사용하여, 유사한 조명환경에서 스캐닝한 후, 참조 모델의 법선 벡터와 밝기 정보를 이용하여 외부 조명 환경을 모델링하여 음영으로 인한 색상 변화를 보정하는 효과적인 방법을 제안한다.

I. 서 론

일반적으로 광학식 3D 스캐너를 이용하여 물체의 외형과 색상을 스캐닝 할 때 주변 조명 환경에 따라 스캐닝한 모델에는 음영이 남아 있다. 음영의 제거를 위해서는 조명 환경을 완벽히 갖추어야 하지만 이러한 장비를 갖추는 것이 힘들 수 있고 야외에 있는 물체를 스캐닝할 경우에는 조명 장비 사용이 불가능할 수도 있다. 이러한 경우에는 음영을 제거하는 후처리가 필요할 수 있다.

2D 이미지의 경우 Shor가 제안한 방법 [1]이 있고 이를 이용하여 물체를 3D 스캐닝할 때 같이 촬영된 이미지에서 음영을 제거하여 3D 모델에 정합하는 방식 [2]의 스캐닝이 있다. 하지만 이 방법은 사용자가 그림자 영역을 지정해 주어야 한다는 문제점이 있고 무엇보다 2D 이미지를 3D 모델에 정합하는 순간에만 가능하다는 문제점이 있다. 3D 스캐너가 결과를 vertex color 형태로 주거나 texture 이미지 형태로 준다면 즉, 2D 이미지 형태가 아니라면 해당 방법을 사용할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 vertex color나 텍스처 이미지 형태로 결과를 출력하는 범용 광학 3D 스캐너에서 사용할 수 있는 효율적인 음영 보정 방법을 제안한다.

물체를 Lambert 모델을 따르는 100% diffuse 재질로 가정하고, 이에 대한 보정을 한다. Specular에 대한 처리는 스캐너의 시야각 등에 대한 정보 수집이 어려워 본 연구에서는 배제하였다.

II. 참조 모델을 이용한 음영 보정 방법

본 논문에서는 제안하는 방법은 스캐닝 당시의 조명 환경을 모델링 하기에 알맞은 참조 모델을 스캐닝하고, 이 데이터를 이용해 음영 모델을 만드는 단계와 이를 이용하여 함께 스캐닝한 물체의 색상을 보정하는 단계로 구성된다.

음영 모델 생성

조명 환경을 본뜨기 위해 흰색 구형 석고상과 0% 검정, 50% 회색, 100% 백색으로 구성된 색상 레퍼런스 카드를 준비한다. 레퍼런스 카드를 작게 잘라 석고상에 붙인다. 이 석고상을 이용해 법선의 방향에 따라 색상이 얼마나 차이가 있는지를 계산한다.



그림 1 참조 모델로 사용된 흰색 구형 석고상

Lambert 반사 모델[3]에 따르면 반사광 세기 I_D 는

$$I_D = L \cdot N C I_L = \|L\| \|N\| \cos(\theta) C I_L \propto \cos(\theta)$$

로 계산된다. L 은 광선 방향 벡터, N 은 표면 법선 벡터, C 는 색상, I_L 은 입사광의 세기로 조명 환경이 동일할 경우 I_D 는 표면 법선 벡터에 따라 바뀔 수 있다.

따라서 각 정점 별로 해당 정점의 원래 색상을 O 라고 하고, 실제 스캐너로 스캐닝 하여 얻은 색상을 S 라고 하면 $S = \alpha O$ 관계로 가정할 수 있고, α 는 특정 지점의 법선 벡터에서의 색상 scaling 지표라고 할 수 있다.

위 석고상을 3D 스캐너로 스캐닝한다. 그림 1과 같이 바닥 반사광을 최소화하기 위해 검정색의 바닥판을 설치하였다. 스캐닝 한 모델에서 R, G, B 색상 별로 모델 내의 최소값을 I_{min} , I_{max} 로 정규화 하였다. (실험에서는 경험적으로 0.1, 0.9를 사용하였다.) 그 후 모델의 각 정점 별 법선 벡터를 계산한 뒤 위 식에 따라 색상 scaling 값 α 를 계산하여 법선 벡터의 방향에 따른 α 값

변화를 추정한다. 본 실험에서 참조 모델의 흰색 부분의 색상 O 는 RGB(0.6, 0.6, 0.6)으로 설정하고, n_x, n_y, n_z 로 정규화되어 있는 3차원 법선 벡터를 구면 좌표계인 θ, ϕ 좌표계로 바꾼 뒤 θ, ϕ 를 독립 변수로 하고 α 를 종속 변수로 하는 2변량 4차 다항 회귀를 진행하여 4차 다항식으로 된 음영 모델을 생성하였다. α 는 Red, Green, Blue 따로 계산하며 3개의 4차 다항식이 음영 모델이 된다. 회귀 분석을 통해 노이즈를 제거하는 효과와 함께 추후 보정 과정에서의 성능을 크게 높일 수 있었다.

음영 보정

음영을 보정하고 싶은 물체를 음영 모델을 만들기 위해 참조 모델을 촬영한 곳과 똑같은 환경에서 스캐닝한다. 음영 모델을 생성할 때와 같은 방식으로 물체의 각 정점의 법선 벡터를 계산하고 구면 좌표계(θ, ϕ)로 변환한다. 계산한 θ, ϕ 의 값을 음영 모델의 4차 다항식에 넣어 Red, Green, Blue 별로 보정값 α 를 계산하고 $O = \frac{S}{\alpha}$ 를 계산한다. S 는 스캐너로 획득한 색상이고 O 는 보정된 색상으로 O 를 해당 정점의 새로운 색상으로 삼는다.

III. 실험 결과

실험 환경

제안된 방법의 효과를 보여주기 위해, XYZ Printing사의 XYZhandy Scanner를 사용하였으며, 조명 환경은 일반 가정의 조명 환경에서 스캐닝한 데이터를 사용하였다.

모델링 결과

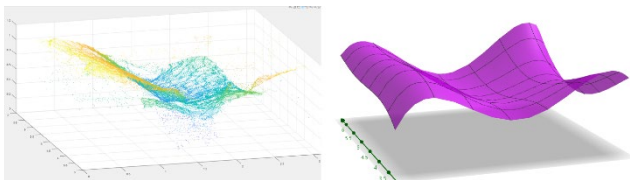


그림 2 보정값의 산포도와 근사된 4차 다항식 그래프

그림 2는 참조 모델에 일반적인 형광등 조명을 머리 위에서 비추었을 Green 채널의 α 값 분포와 이를 모델링한 4차 다항식으로 근사한 그래프를 나타낸 것이다. 경계 부분을 제외하고 대체적으로 정확하게 근사된 것을 확인할 수 있다.

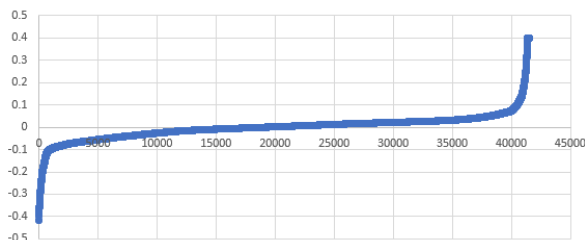


그림 3 잔차 그래프

그림 3은 참조 모델을 스캐닝해 음영 모델을 만들고 그 음영 모델로 다시 참조 모델을 보정했을 때 각 정점의 Green 채널 색상의 잔차(residual)를 나타낸 그래프이다. 41,525개의 정점의 색상 평균은 0.59947에 평균 제곱 에러 0.05927로 음영 모델 생성시 가정된 참조 모델의 색상 0.6에 근접한 것을 알 수 있다. 위 그래프에서 대부분의 정점이 0.0 근처에 있는 것을 확인할 수 있다. 일부 잔차가 매우 큰 정점은 흰색 구에 부착한 흰색/검정색 참조 마크 때문에 생긴 오차이다.

음영 보정 능력



그림 4 스캐닝한 물체, 스캐닝 원본, 보정 결과

그림 4는 음영 모델을 가지고 물체의 색상을 보정한 결과이다. 촬영 환경은 천장에 일반적인 형광등이 달려있는 환경이다. 스캐닝 원본의 경우 정수리에 조명 때문에 생긴 하이라이트가 있어 정수리와 안면부의 색상이 다르지만 보정된 모델의 경우 비슷한 색 분포를 보여주고 있다.

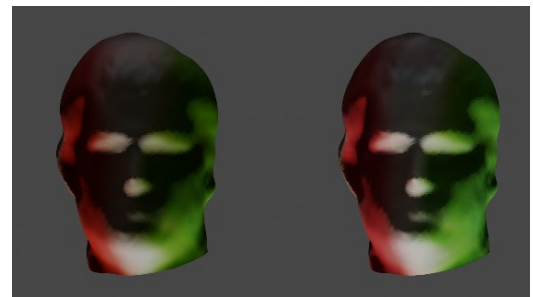


그림 5 조명 가하기

그림 5는 원본 모델과 보정된 모델에 동일한 가상 조명을 비추어 렌더링한 결과이다. 조명의 위치는 모델의 아랫 부분이다. 원본 모델의 경우 정수리 부분에 부자연스러운 하이라이트가 있어 마치 조명이 2개가 있는 것처럼 보여지고 있지만, 보정된 모델의 경우 자연스러운 렌더링 결과를 보여주고 있다.

IV. 결론

제안한 방법은 범용 광학 스캐닝 장비를 통해 얻어진 데이터에서 외부 조명 효과를 자동으로 제거해 줌으로써 후처리에 필요한 작업을 크게 줄이는 데 효과적임을 알 수 있었다.

ACKNOWLEDGMENT

"본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW 중심대학사업의 연구결과로 수행되었음" (2015-0-00908)

참고 문헌

- [1] Y. Shor 그리고 D. Lischinski, "The Shadow Meets the Mask: Pyramid-Based Shadow Removal", Computer Graphics Forum, 번호: 27, pp. 577-586, 2008.
- [2] 홍현기, "3차원 문화재의 사실적 표면 재질 표현을 위한 texture mapping 시스템의 설계 및 구현," 경원대학교 대학원, 2011.
- [3] R. Basri and D. W. Jacobs, "Lambertian reflectance and linear subspaces," in IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 25, no. 2, pp. 218-233, Feb. 2003