

다중 스케일 평균곡률 기반 전역 희소치를 이용한 메쉬 돌출 정의⁺

진지영¹ 권영수² 최유주¹

¹한독미디어대학원대학교 뉴미디어콘텐츠학과

²(주)인텔리코리아

e-mail: clickbcbs@naver.com ykwon@cadian.com yjchoi@kgit.ac.kr

Mesh Saliency using Global Rarity based on Multi-Scale Mean Curvature

Jiyoung Jeon¹ Youngsoo Kwon² Yoo-Joo Choi¹

¹Dept of Newmedia Content, Korean German Institute of Technology

²IntelliKorea Ltd.

요 약

본 논문에서는 3차원 메쉬 모델의 중요 영역을 표현하는 메쉬 돌출맵(mesh saliency map)을 생성하기 위하여 다중 스케일 평균 곡률 (multi-scale mean curvature)을 기반으로 정의된 전역 희소치(global rarity)를 이용하는 방법을 제안한다. 제안 방법에서는 우선, 메쉬 모델의 지역 영역 특성을 정의하기 위하여 기존 관련 연구들에서 많이 사용하고 있는 가우시안 가중치 평균곡률(Gaussian-weighted mean curvature)을 5단계 서로 다른 스케일에서 정의하고, 메쉬의 각 정점(vertex)에 대하여 중심주변 연산자(center-surround operator)를 적용하여 5단계 지역 돌출특성(local saliency)을 정의한다. 주어진 메쉬 모델의 전역 희소치를 구하기 위하여 메쉬의 모든 정점쌍 (vertex pair)에 대하여 5단계 지역 돌출 특성 공간에서의 거리를 계산하고, 각 정점별로 5단계 지역 돌출 특성 공간에서의 다른 정점과의 거리의 합으로 전역 희소치를 정의한다. 이러한 전역 희소치를 각 정점의 메쉬 돌출치로 정의한다. 서로 다른 형태의 3차원 모델에 대하여 제안방법에 의한 메쉬 돌출맵과 지역 특성만을 고려한 기존 메쉬 돌출맵을 생성하여 중요 영역 표현 결과를 비교 분석한다.

1. 서론

3차원 모델에서 가시적으로 중요한 영역을 표현하는 가시적 메쉬 돌출 (visual mesh saliency) 정의 기술은 3차원 메쉬 모델 간략화, 3차원 형태 매칭, 메쉬 평활화, 메쉬 분할 등 3차원 모델을 이용하는 분야에서 필요로 하는 컴퓨터 그래픽스 핵심 기술이다. 가시적으로 눈길을 끄는 영역은 시각적 자극에 대한 뇌의 반응과 관련된 것으로, 시각적 자극은 모델의 형태 혹은 색에 대한 지역적 대비(local contrast), 전역 희소치(global rarity)등으로 표현될 수 있다. 전역 희소치는 인간의 시각 시스템이 빈번하게 관찰되지 않는 희귀한 특성에 민감하게 반응하는 것에 기인하여 정의된 것이다.

메쉬 돌출맵에 관한 대부분의 연구들[1-3]에서는 주변 영역과의 지역적 대비 요소만을 기반으로 눈길을 끄는 돌출영역을 분석하고 있다. 그러나, 최근 전역적 특성을 분석하여 이를 메쉬 돌출맵 생성에 반영하는 접근 방법들이 소개되고 있다[4-5]. [4]의 연구에서는 각 정점에 대한 다

중 스케일 높이맵(height map)에 대한 Zernike 모멘트를 구하고, Zernike 계수에 의하여 정의되는 특징 공간(feature space)에서 각 정점간의 거리를 기반으로 전역적 희소치를 정의하였다. 높이맵을 계산하기 위해서는 각 정점에 대하여 수직평면을 정의하고 평면상의 점에서 메쉬 표면간의 거리를 계산하여야만 한다. 이로 인하여 계산 복잡도가 높아지게 된다. [5]의 연구에서는 메쉬의 스펙트럴 속성을 사용하여 메쉬의 전역적 속성을 분석하고 이를 메쉬 돌출맵 생성에 반영하였다. 스펙트럼 분석에 의한 접근 방법은 기존 지역적 특성 분석 기반 방법과 비교하여 비슷한 수준의 돌출맵 생성 정확도를 보여 주었고, 주파수 영역을 기반한 분석 방법이 유용한 도구가 될 수 있음을 제시하였다.

본 논문에서는 메쉬의 전역적 특성을 분석하기 위하여 기존의 지역적 돌출 분석 방법들에서 사용하고 있는 다중 스케일 지역적 표면 곡률을 이용하여 전역 희소치를 분석하고 이를 이용하여 메쉬 돌출맵을 생성하는 방법을 제안한다. 제안 방법이 기존 지역적 곡률 대비에 따른 돌출맵 생성 방법에 비해 안정적 결과를 보여주고 있음을 서로 다른 형태의 3차원 모델에 대한 비교 실험을 통하여 보인다.

⁺ 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음. [R-20150224-000258, 국내 보급형 3D 프린터 맞춤형 스마트 슬라이서 개발]

2. 표면 곡률 기반 다중 스케일 지역적 돌출 벡터

메쉬를 구성하는 각 정점에 대하여 지역적 돌출치를 계산하기 위하여 [1]의 연구에서 제시한 방법을 적용하였다. 즉, 각 정점 v 에 대하여, v 로부터 σ 거리 떨어진 공간 내의 이웃 정점 $N(v, \sigma)$ 을 대상으로 정의되는 서로 다른 스케일의 가우시안 가중치 평균곡률(Gaussian-weighted mean curvature) $G(v, \sigma)$ 을 식(1)과 같이 정의하고, 메쉬의 각 정점(vertex)에 대하여 중심주변 연산자(center-surround operator)를 적용하여 각 i 단계에서 상위 레벨과의 가우시안 가중치 평균곡률의 차이(Difference-of-Gaussian(DOG) weighted mean curvature) $S_i(v)$ 를 식(2)과 같이 구한다.

$$G(v, \sigma) = \frac{\sum_{x \in N(v, \sigma)} c(x) e^{-\frac{\|x-v\|^2}{2\sigma^2}}}{\sum_{x \in N(v, \sigma)} e^{-\frac{\|x-v\|^2}{2\sigma^2}}}, \quad (1)$$

여기서 $c(x)$ 는 정점 x 에서의 평균곡률을 의미한다.

$$S_i(v) = |G(v, \sigma_i) - G(v, 2\sigma_i)|. \quad (2)$$

식(2)에 의하여 5단계 지역 돌출특성 벡터(local saliency vector) $S(v) = (S_1(v), S_2(v), S_3(v), S_4(v), S_5(v))$ 을 각 정점에 대하여 정의한다.

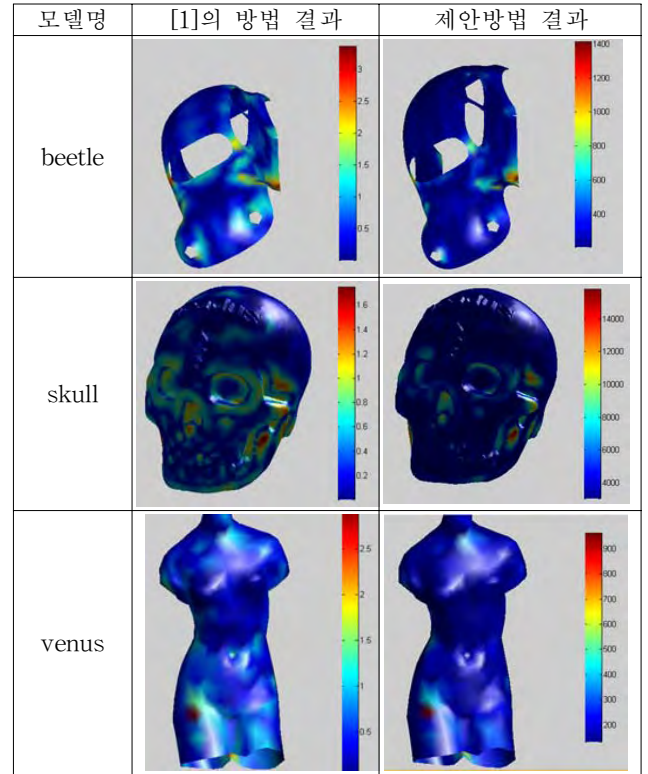
3. 지역적 돌출치 기반 전역 희소치 정의

2차원 사진 혹은 영상의 경우를 살펴보면, 전체적으로 넓게 채워 있는 유사한 색상의 배경에 독특한 색상의 물체가 놓여있다면 그 독특한 색상의 물체에 시선이 놓이게 된다. 이러한 현상을 수치적으로 나타낸 것이 전역 희소치이다.

2차원 영상에서의 특성을 3차원 메쉬모델에 확대하여 전역 희소치를 정의하려면, 2차원 영상에서의 색상에 해당하는 3차원 메쉬 모델에서의 특성 벡터를 정의하여야 한다. 본 논문에서는 이러한 특성 벡터로 2절에서 추출한 각 정점에 대한 5단계 지역 돌출특성 벡터를 사용하였다. 즉, 각 정점 v_i 에 대한 전역 희소치를 정의하기 위하여 메쉬 M 을 구성하는 모든 정점과의 지역 돌출 특성 벡터 $S(v_i)$ 의 유클리디안 거리의 합 $R(v_i)$ 를 식(3)과 같이 구하였다. 즉, $R(v_i)$ 는 지역 돌출 특성 공간에서의 거리를 의미한다.

$$R(v_i) = \sum_{\forall v_j \in M} \|S(v_i) - S(v_j)\|_2. \quad (3)$$

$R(v_i)$ 를 각 정점의 시각적 돌출치로 적용하였다. (그림 1)은 [1]의 지역적 특성을 고려한 돌출맵과 제안 방법에 의한 돌출맵을 비교하여 보여주고 있다. 제안 방법이 잡음처럼 보이는 높은 돌출치들이 적게 나타나도록 하고 있음을 확인할 수 있다.



(그림 1) 시각적 돌출맵 생성 결과 비교

4. 결론

본 논문에서는 메쉬의 다중 스케일 지역적 표면 곡률을 이용하여 전역 희소치를 정의하는 방법을 제안하였다. 실험을 통하여 지역적 특성을 제시하고 있는 다른 방법에 비해 잡음이 적은 안정적 가시적 돌출맵 생성 결과를 보여주고 있음을 확인할 수 있었다. 향후 연구로써, 전역 희소치 계산의 수행 효율성을 높이기 위한 방안을 모색하고자 한다.

참고문헌

[1] C. H. Lee, A. Varshney, D. W. Jacobs, "Mesh saliency", ACM Transactions on Graphics, 24, 659-666, 2005.
 [2] Y. Kim, A. Varshney, "Persuading visual attention through geometry", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 14, 772-782, 2008.
 [3] Y. Kim, A. Varshney, D.W. Jabos, F. Guimbretier, "Mesh saliency and human eye fixations", ACM Transactions on Applied Perception 7, 12:1-12:13, 2010.
 [4] J. Wu, X. Shen, W. Zhu, "Mesh saliency with global rarity", Graphical Models, 75. 255-264, 2013.
 [5] R. Song, Y. Liu, "Mesh saliency via spectral processing", ACM Transactions on Graphics(ToG), 33(1), 1-17, 2014.