

사실적인 털 렌더링을 위한 텍스처 기반 주변 폐색 렌더링

Texture-Driven Ambient-Occlusion Rendering for Realistic Fur Rendering

김재명
Jaemyung Kim
성균관대학교 소프트웨어학과
Department of Software,
Sungkyunkwan University
jaemyung@skku.edu

권순현
Soonhyeon Kwon
성균관대학교
전자전기컴퓨터공학과
Department of Electrical and
Computer Engineering,
Sungkyunkwan University
soon34564@skku.edu

이성길
Sungkil Lee
성균관대학교 소프트웨어학과
Department of Software,
Sungkyunkwan University
sungkil@skku.edu

요약문

본 논문은 사실적인 털의 음영을 표현하기 위한 텍스처 기반의 주변 폐색효과의 렌더링 방법을 제안한다. 미세 섬유 모델 기반의 사실적인 털 렌더링은 털간의 간섭으로 인한 간접 조명 계산의 부하로 실시간 렌더링에 적합하지 않다. 본 논문은 명시적인 털 모델 없이, 털의 사진으로부터 기하를 근사한다. 털의 기하는 텍스처의 음영으로부터 근사되고, 털의 렌더링은 근사된 기하로부터 주변 폐색을 계산하고, 이를 음영계산에 반영하여 사실적인 표현을 실시간에 렌더링한다.

주제어

실시간 렌더링, 주변 폐색, 털 렌더링

1. 서론

컴퓨터 그래픽스 기반 영상물에서 콘텐츠의 표현은 중요한 요소이다. 널리 사용되는 콘텐츠인 동물이나 옷감 등의 표면에는 털과 같은 미세 섬유가 복잡하게 얽혀있어, 표면을 사실감 있게 렌더링하기 위한 기법이 필요하다. 이를 위해 미세 섬유를 모델링하고 음영 효과를 적용하는 기법과, 실제 영상을 기반으로 하여 합성하는 기법 등이 제안되었다.

표면의 미세 섬유에 의한 모든 음영을 계산하는 기법은, 미세 섬유 간의 간섭을 고려한 간접 조명 효과가 뚜렷이 나타나기에 사실감을 높일 수 있다. 하지만 이러한 기법은 계산의 부하량이 상당하여, 실시간 렌더링에 부적합하다. 또한 실제 영상을 기반으로 하여 합성하는 기법은 영상 제작 및 물체에의 정합과 같은 수작업이 필요하며 제작 비용이 오르게 된다.

본 논문은 이미지로부터 털의 기하를 자동으로 생성한다. 기하를 추정하기 위해 사진을 CIE $L^*a^*b^*$

색 공간으로 변환하며, 변환된 텍스처의 밝기 값으로부터 깊이 정보를 추정한다. 깊이 정보를 기반으로 주변 폐색 기법을 통해 간접 광원 효과를 추정하고 이를 렌더링에 반영함으로써, 실시간 성능을 달성하면서도 털 텍스처의 음영 효과를 강조하는 기법을 제안한다.

2. 관련 연구

털의 표현에 있어 접근 방법은 크게 털 자체의 표현 & 시뮬레이션과 표현된 털의 음영계산, 그리고 최적화 및 가속화로 나누어 진행되어 왔다.

Kajiya[1]는 볼륨 밀도, 분포 등을 가진 Texel 이라는 단위를 도입하여 털을 밀도를 가진 볼륨으로 표현하였으며, 반사 함수를 사용해 Texel 과 광선 간의 intersection 을 계산하여 이를 사용한 음영계산을 제안하였다.

Lengyel[2]은 Kajiya 의 모델[1]을 실시간 렌더링에 최적화하기 위하여 Banks[3]의 self-shadowing term 과 디테일 수준(LoD)을 도입해 계산 부하를 낮췄다. Lengyel[4]은 또한 실시간 렌더링을 위하여 Shell 과 Pin 이라는 간단한 텍스처 구조를 도입해 정점을 가진 털을 렌더링하는 모델을 제안하기도 하였다.

Goldman[5]은 짧은 털의 경우 위 연구들과 같은 3D 기하 구조를 쓰지 않고도 간단한 텍스처에서 털의 기하를 계산하여 음영계산에 반영하는 식으로 사실적인 표현을 할 수 있음을 보이기도 했다.

3. 텍스처 기반 렌더링 알고리즘

본 논문에서는 주어진 털 표면 텍스처에 대하여 밝기를 측정하고, 밝기를 사용해 높이 맵을 만들어 이를 활용하는 방법을 제안한다. 이 높이 맵으로부터 주변 폐색 알고리즘을 활용, 깊이 값에 사용해 상호작용 가능한 텍스처 기반의 털 표현이 가능하도록 한다.

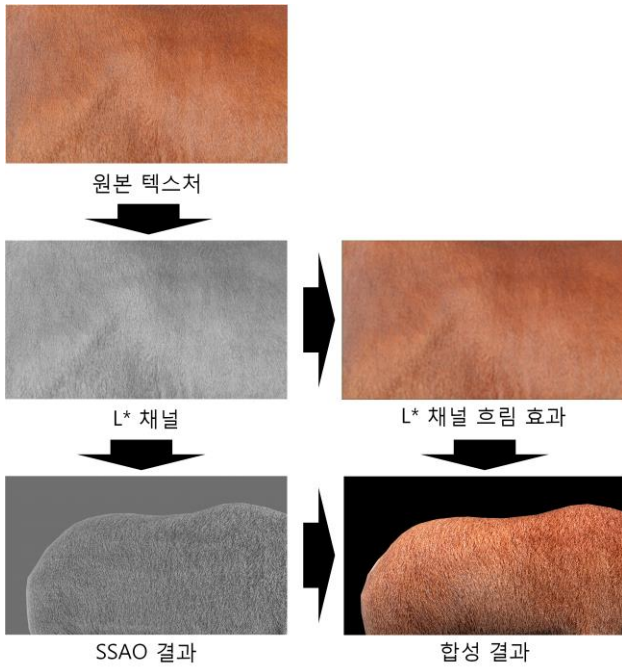


그림 1 전체 알고리즘 개략도

3.1 밝기 추정 기반 높이 맵 생성

미세 섬유에 의한 음영 표현을 위하여 먼저 털의 기하를 개략적으로 추정한다. 털의 이미지에서 높이를 추정하기 위하여, 높은 밝기를 갖는 털이 광원 효과를 많이 받는다는 가정 하에, 밝기를 기반으로 한 추정을 진행한다.

주어진 텍스처에서 밝기를 추출하기 위해 이미지를 CIE $L^*a^*b^*$ 색 공간으로 변환한다. 이후 $L^*a^*b^*$ 중 밝기를 나타내는 L^* 채널의 값만 추출해 높이 맵으로 사용한다.

3.2 음영계산 적용

원래 이미지에는 이미 음영 정보가 반영되어 있기 때문에 음영 처리를 다시 진행하면 음영 효과가 중복되는 현상이 발생한다. 이를 해소하기 위하여 L^* 채널에만 흐림 효과를 주어 음영 효과를 어느 정도 제거한다.

음영 효과를 주기 위하여 화면 공간 주변 폐색(SSAO) 기법[6]을 사용한다. 본래의 화면 공간 주변 폐색 기법에서는 깊이 값을 사용하여 주변 픽셀 점에서의 깊이를 샘플링한다. 그러나 모델의 기하 정보를 보존하면서도 털에 의한 기하 변화를 효과적으로 표현하기 위하여, 본 논문에서는 깊이 값과 함께 높이 맵의 높이 값을 사용한다.

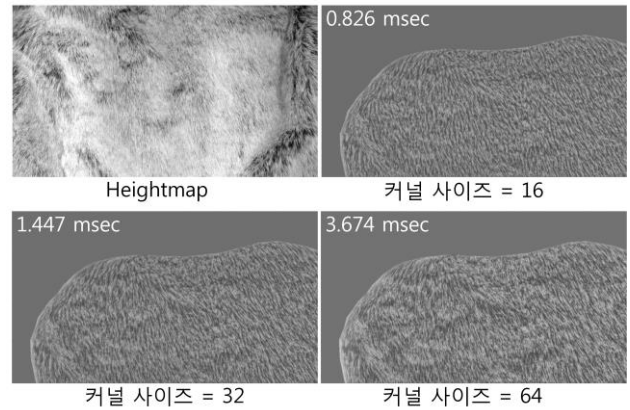


그림 2 커널 크기별 SSAO 효과

커널 크기 입력을 달리하여 SSAO 를 적용한 결과를 그림 2 에 나타내었다. 커널 크기가 커지면 음영 효과는 강해지지만 렌더링에 소요되는 시간이 증가하는 반면, 커널 크기가 줄어들면 수행 성능은 개선되지만, 음영 효과의 입체감이 떨어지는 문제점이 있었다. 만족스러운 결과를 얻기 위해선 적당한 커널 크기를 설정하고, 샘플링을 불규칙하게 진행할 필요가 있다.

SSAO 로 얻은 결과는 Phong reflectance model 에서 사용되는 간접 광원 효과에 대한 근사인 ambient 요소로 사용한다. 앞서 L^* 채널에 흐림 효과를 주어 음영 효과를 제거한 것을 diffuse 로 사용하여, 결과적으로 그림 3 과 같이 합성된 이미지를 만들어낸다.

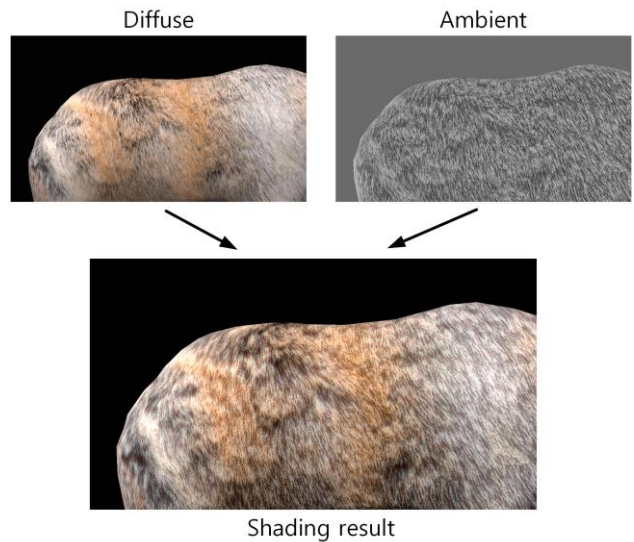


그림 3 Phong reflectance model 에서의 음영 효과 부여

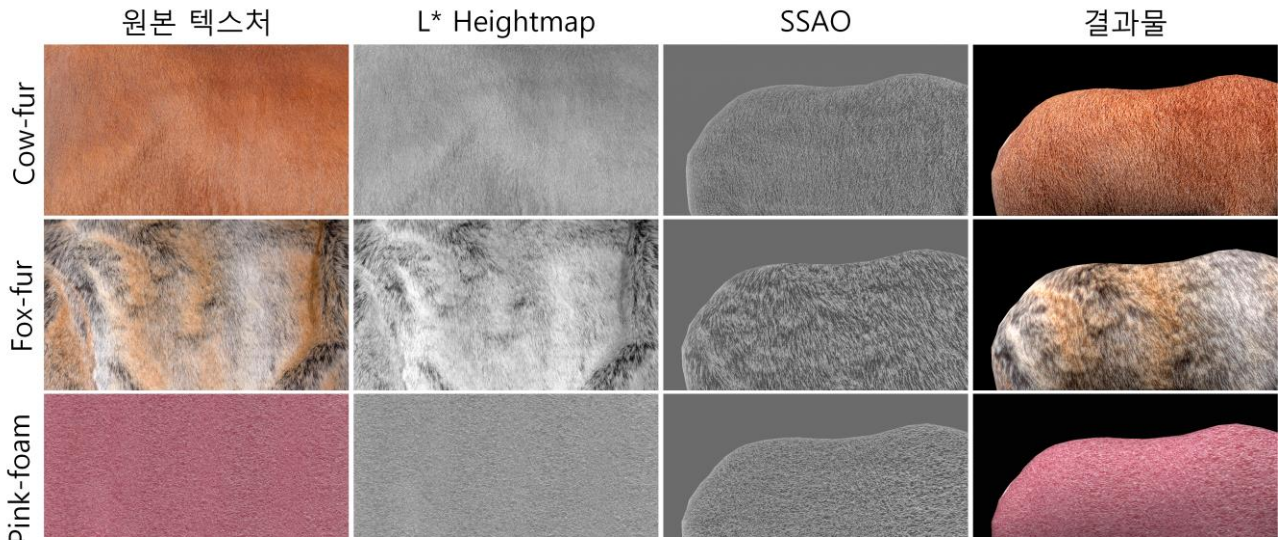


그림 4 렌더링 결과

4. 결과 및 토론

렌더링은 Intel Core i7-6850K, NVIDIA GeForce GTX 1080 환경에서 Full-HD 해상도를 기준으로 진행되었다. 그림 4 에는 각 텍스처별로 추출한 높이 맵과 그 SSAO 결과, 그리고 모델과 합성한 결과를 나타내었다. 그림에서 보이듯, 원래 텍스처에 비하여 간접 광원 효과가 적용되어 털의 무늬가 뚜렷해지는 것을 확인할 수 있다. 소요 시간의 경우, 커널 크기 64 기준으로 밝기 추정 단계에 0.2822 msec, SSAO 단계에 3.6266 msec 가 소요되어 충분히 실시간 성능을 만족시킬 수 있음을 확인하였다.

향후 연구 방향으로는, 털의 방향성을 사용자가 수정할 수 있도록 하여, 변화된 음영 효과를 만들어낼 수 있도록 털의 방향성을 추정하고 수정하는 기법 등을 진행할 수 있을 것이다. 또한 본 논문에서는 입력 텍스처에 남아있는 음영 효과 제거를 위하여 단순히 L* 채널에 흐림 효과를 적용하였으나, 음영 효과를 보다 정확히 제거할 수 있는 기법에 대한 연구도 진행될 수 있을 것이다.

사사의 글

이 연구는 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 <실감교류인체감응솔루션> 글로벌프론티어사업, 중견연구자지원사업, 정보통신기술진흥센터 대학 ICT 연구센터육성지원사업으로 수행된 연구임. (2012M3A6A3055695, 2015R1A2A2A01003783, IITP-2017-2016-0-00312)

참고 문헌

1. Kajiya, J.T., Kay, T.L. Rendering fur with three dimensional textures. In Proc. ACM SIGGRAPH '89, ACM Press (1989), 271 - 280.
2. Lengyel, J.E. Real-time fur. In Proc. Rendering Techniques 2000, Springer (2000), 243 - 256.
3. Banks, D.C. Illumination in diverse codimensions. In Proc. 21st Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, ACM Press (1994), 327 - 334.
4. Lengyel, J., Praun E., Finkelstein, A., Hoppe, H. Real-Time fur over arbitrary surfaces. In Proc. 2001 Symposium on Interactive 3D Graphics, ACM Press (2001), 227 - 232.
5. Goldman, D.B. Fake fur rendering. In Proc. ACM SIGGRAPH '97, ACM Press (1997), 127 - 134.
6. Shanmugam, P., Arikan, O. Hardware accelerated ambient occlusion techniques on GPUs. In Proc. 2007 Symposium on Interactive 3D Graphics and Games. ACM Press (2007), 73 - 80.