모발 슈퍼 해상도를 위한 인공신경망 기반의 머리카락 합성기

김동희[O], 김종현[*]
[O]강남대학교 소프트웨어응용학부,
[*]강남대학교 소프트웨어응용학부
e-mail: jonghyunkim@kangnam.ac.kr

Artificial Neural Networks based Strand Synthesizer for Hair Super-Resolution

Donghui Kim[O], Jong-Hyun Kim[*]
[O]School of Software Application, Kangnam University,
[*]School of Software Application, Kangnam University

● 요 약 ●

본 논문에서는 인공신경망 기반의 슈퍼 해상도(Super-resolution, SR) 기법을 이용하여 저해상도(Low-resolution, LR) 헤어 시뮬레이션을 고해상도(High-resolution, HR)로 노이즈 없이 표현할 수 있는 기법을 제안한다. LR과 HR 머리카락 간의 쌍은 헤어 시뮬레이션을 통해 얻을 수 있으며, 이렇게 얻어진 데이터를 이용하여 HR-LR 데이터 쌍을 설정한다. 학습할 때 사용되는 데이터는 머리카락의 위치를 지오메트리 이미지로 변환하여 사용한다. 우리가 제안하는 헤어 네트워크는 LR 이미지를 HR 이미지로 업스케일링 시키는 이미지 합성기를 위해 사용된다. 테스트 결과로 얻어진 HR 이미지가 HR 머리카락으로 다시 변환되면, 하나의 매핑 함수로 표현하기 어려운 머리카락의 찰랑거리는(Elastic) 움직임을 잘 표현할 수 있다. 합성 결과에 대한 성능으로는 전통적인 물리 기반 시뮬레이션보다 빠른 성능을 보였으며, 복잡한 수치해석을 몰라도 쉽게 실행이 가능하다.

키워드: 헤어 시뮬레이션(Hair simulation), 모발 합성기(Strand synthesizer), 인공 신경망(Artificial neural networks), 모피 시뮬레이션(Fur simulation)

I. Introduction

가상/증강현실과 같은 혼합현실에서 몰입감을 증대시키기 위해 물리 기반 시뮬레이션 분야는 계속적인 관심을 받고 있다. 그 중에서 특히 헤어 시뮬레이션의 머리카락 모델링과 움직임은 가상 캐릭터의 스타일과 개성 있는 애니메이션을 표현함에 있어서 매우 중요한 특징 중 하나이다[1]. 물리 기반 시뮬레이션은 사실적인 헤어의 움직임을 계산할 수 있지만, 복잡한 수치해석을 알아야하고, 계산양이 크다. 이 문제를 해결하기 위해 일반적으로 많이 사용하는 방법은 적응형 구조(Adaptive grid)를 사용하여 머리카락의 개수를 줄이거나, 사진 데이터 분석하여 헤어 형태를 자동으로 만들어주는 접근법이다[2].

최근에 인공지능을 이용하여 헤어의 형태를 스타일링 해주는 기법들이 제안되었다. 하지만, 이 방법은 헤어 모델링에 가까운 접근법이며 헤어 시뮬레이션에 직접적으로 적용하기 어려운 방법이다. 하나의 머리카락에는 수많은 입자들이 존재하며, 그 입자들의 질량-스프링 구조로 연결되어 헤어 동역학(Hair dynamics)이 계산된다. 이 과정을 인공지능으로 표현하는 것은 쉽지 않은 과정이다. 하나의 머리카락은 여러 개의 입자 위치들로 결정되어 지고, 이러한 비선형적인 움직임을 학습시키는 것은 어려운 문제이다. 최근에 DeepMind에서 Graph Nets라는 방법을 새롭게 제안하였고[3], 이를 통해 물리 기반 시뮬레이션을 학습하려는 시도가 있었다.

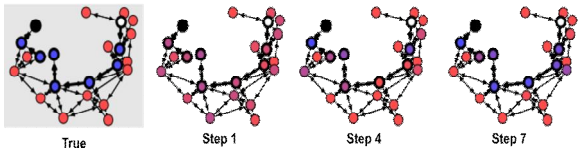

Fig. 1. Predictions at each message-passing step with Graph Nets[3].

Fig. 1에서 보여주는 Shortest path demo는 그래프를 생성하고 그래프 네트워크를 훈련시켜, 두 노드 사이의 최단 경로에 있는 노드와 간선에 레이블을 지정하고, 이 값을 예측한 결과이다. Graph Nets은

그래프뿐만 아니라, 간단한 질량-스프링 모델에서도 개선된 학습 결과를 보여준다 (Fig. 2 참조).

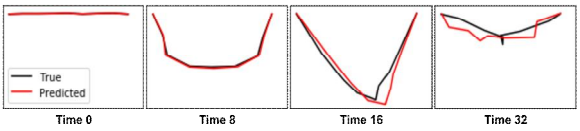

Fig. 2. Rollout of mass-spring system pinned at ends[3].

Fig. 2에서 보여주는 Physics demo는 질량-스프링 시스템을 생성하고 그래프 네트워크를 훈련시켜 다음 시간인 $t+\Delta t$에서의 시스템 상태를 예측한다. 모델의 다음 단계 예측을 입력으로 피드백 함으로써 미래의 궤적이나 위치의 롤아웃을 만들어 낸다. 하지만, Elastic한 움직임이 강한 머리카락 경우 Graph Nets을 이용하여도 안정성 부분에서 많은 문제가 발생했으며, 장면에 따라 학습이 안 되는 경우가 대부분이었다 (Fig. 3 참조).

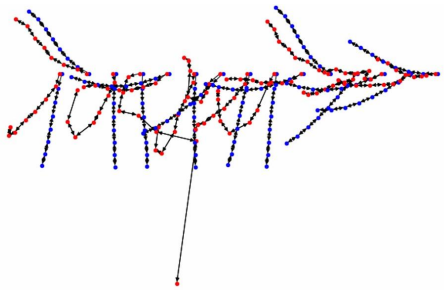

Fig. 3. Training results using Graph Nets[3].

비선형적인 움직임을 Graph Nets으로 훈련시키는 방법과는 다르게 본 논문에서는 머리카락의 지오메트리 이미지를 활용하여 비선형적인 헤어의 움직임을 표현할 수 있는 방법을 제안한다.

II. The Proposed Scheme

제안하는 방법은 머리카락의 루트 입자를 기준으로 헤어 이미지를 생성한다. 두피로부터 고정된 루트 입자의 위치로부터 머리카락이나 털의 움직임이 표현되기 때문에 루트 위치를 기준으로 헤어 이미지를 생성한다. 이 과정만으로는 머리카락의 비선형적인 움직임을 표현하기 어렵다. 헤어 이미지를 SR 네트워크를 통해 업스케일링하여 SR 헤어 이미지를 얻는다. 그리고 헤어의 지오메트리 이미지를 통해 머리카락을 생성할 때는, 주변 머리카락의 움직임과 헤어 이미지의 가중치를 통해 새로운 머리카락을 생성한다. 제안하는 방법은 머리카락의 비선형적인 움직임을 인공신경망을 통해 학습하기 위해 선형적인 구간과 비선형적인 구간으로 분리함으로써 자연스러운 헤어 SR 시뮬레이션 기법을 만들어 냈다 (Fig. 4 참조).

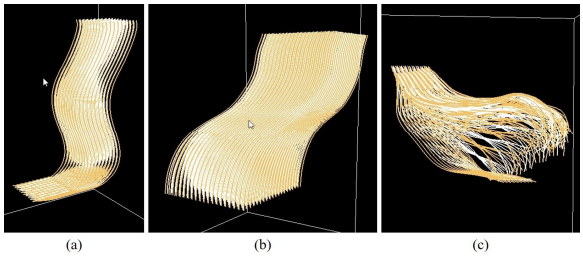

Fig. 4. SR hair results with our method (yellow : LR strands, white : SR strands).

III. Conclusions

본 연구에서는 헤어 시뮬레이션을 SR하기 위한 새로운 네트워크 방식을 제안했다. 비선형적인 움직임을 갖는 머리카락을 안정적으로 표현하기 위해 우리는 선형적인 헤어 이미지를 인공지능으로 학습시키고, 이를 3D로 복원하는 과정에서 비선형적인 움직임을 표현하였다.

REFERENCES

[1] Lee, M., Hyde, D., Bao, M. and Fedkiw, R., A skinned tetrahedral mesh for hair animation and hair-water interaction. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 25(3), pp. 1449-1459, 2018.

[2] Chai, M., Zheng, C. and Zhou, K., Adaptive skinning for interactive hair-solid simulation. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 23(7), pp. 1725-1738, 2016.

[3] Battaglia, Peter W., et al. "Relational inductive biases, deep learning, and graph networks." arXiv preprint arXiv:1806.01261, 2018.