

젖은 곱슬머리를 표현하기 위한 킷 기반의 효율적인 제약 모델

안장훈^o, 김종현^{*}

^{*}강남대학교 소프트웨어응용학부,

^o강남대학교 소프트웨어응용학부

e-mail: jonghyunkim@kangnam.ac.kr

Curl-based efficient constraint model for wet curly hair

Jang Hoon An^o, Jong-Hyun Kim^{*}

^{*}School of Software Application, Kangnam University,

^oSchool of Software Application, Kangnam University

● 요약 ●

헤어 시뮬레이션은 수많은 가닥으로 구성되어 있으며, 헤어 동역학을 기반으로 계산되기 때문에 일반적으로 계산량이 큰 범주에 속한다. 뿐만 아니라 곱슬머리 형태를 유지하려는 제약은 더 큰 계산을 요구하며, 본 논문에서는 수분에 의해 곱슬머리가 젖었을 때 표현되는 구부러짐과 수축을 모델링 할 수 있는 새로운 알고리즘을 제시한다. 이전 연구에서는 곱슬머리에 대한 헤어 시뮬레이션은 곱슬머리의 회전(Curl)형태를 유지하려는 알고리즘을 제안했지만, 강한 외력에 의한 회전형태만을 유지하려고 했으며, 수분이나 열에 의한 곱슬머리의 상태변화는 고려하지 못했다. 따라서 본 논문에서는 IIR(Infinite impulse response) 필터로 스무딩된 헤어 커브를 따라 회전의 수직 성분을 추출하여 회전의 세로방향 신축성을 제어할 수 있는 방법을 제안한다. 우리의 헤어 모델은 곱슬머리의 회전과 신축성을 제어하기 위해 스프링 동역학을 사용하며, 젖은 헤어의 부분적인 상태 변화에도 안정적으로 표현할 수 있음을 보여준다.

키워드: 헤어 시뮬레이션(Hair simulation), 곱슬머리(Curly hair), 젖은 머리(Wet hair), 스프링 동역학(Spring dynamics) IIR(Infinite impulse response)

I. Introduction

헤어는 캐릭터의 헤어스타일과 동물의 털, 옷감의 재질을 표현할 때 자주 활용된다. 현실에서 헤어는 혼한 재질이나 이를 컴퓨터에서 시뮬레이션 및 애니메이션을 하기는 쉽지 않다. 수많은 가닥으로 구성된 헤어를 물리 기반으로 시뮬레이션하는 것은 많은 계산 비용과 복잡한 수치해석이 필요하다[1].

자연에서 직선 형태의 헤어 및 털 형태만이 존재하는 것은 아니며, 킷(Curl)을 가지고 있는 곱슬 형태의 헤어 또한 손쉽게 주위에서 그 존재를 확인할 수 있다 (Fig. 1 참조).



Fig. 1. Curly strand in real world.

수분이나 열에 의해 헤어는 다양한 상태변화를 표현한다 : 직모인 헤어가 수분에 의해 곱슬 형태로 변화하는 쉽게 볼 수 있는 현상이다. 헤어는 다양한 상태변화에 물리적 반응이 나타나지만, 직모에 비해 곱슬머리는 킷의 형태를 유지하면서 수분/열에 의한 물리적 현상을 모델링해야 되기 때문에 어려운 작업이다. 곱슬 헤어의 동역학을 제안한 기존 연구에서는 헤어 입자간의 선형 스프링(Linear spring) 외에 굽힘 스프링(Bending spring), 코어 스프링(Core spring)을 추가적으로 도입하여 킷의 원본 곱슬 형태를 유지하는 방법을 제시했다[2]. 하지만 이 기법은 헤어 킷의 형태만을 유지할 뿐 헤어의 상태 변화에 대해서는 고려하지 못했다. 본 논문에서는 곱슬머리가 수분에 의해 상태변화 하는 시뮬레이션 기법을 제시한다.

II. The Proposed Scheme

1. Curly hair

본 논문에서 헤어 모델은 질량-스프링을 기반으로 한 곱슬머리 동역학 시뮬레이션을 활용한다[2]. 이 연구에서는 IIR 베셀 필터 (Bessel filter)로 스무딩 함수를 정의하여 스트레치 스프링, 굽힘 스프링, 코어 스프링 집합으로 헤어 모델을 구성한다. 본 논문에서는 이전 방식과 유사하게 스프링 모델을 구성하고, 추가적인 제약을 통해 컬의 신축성을 제어하는 새로운 힘을 추가해 헤어의 상태변화를 모델링한다.

2. Constraint model for wet hair

헤어 입자의 현재 위치를 $P = \{p_0, \dots, p_{N-1}\}$ 로 정의하고 IIR 베셀 필터로 스무딩된 헤어 입자의 위치를 $P' = \{p'_0, \dots, p'_{N-1}\}$ 으로 정의하였을 때 컬의 신축성을 제어하는 힘은 다음과 같이 계산한다 (수식 1과 Fig. 2 참조).

$$f_w(w_c, w_d)_i = w_c(\bar{p}'_{i+1} - \bar{p}'_i)$$

$$f_w(w_c, w_d)_{i+1} = w_c(\bar{p}'_{i+1} - \bar{p}'_i)w_d \quad (1)$$

위 식에서 w_c 는 힘의 계수이고 w_d 는 댐핑(Damping) 계수이다. 시뮬레이션의 안정성을 유지하기 위해 w_c 의 값에 따라 $0 < w_d < 1$ 을 유지해야 하며, w_c 는 스트레치 스프링의 계수보다 작아야 한다. 또한, w_d 가 1에 가까울수록 안정적이나 컬이 넓어지고 작을수록 힘의 영향이 커져 컬의 세로방향 신축성이 작아진다.

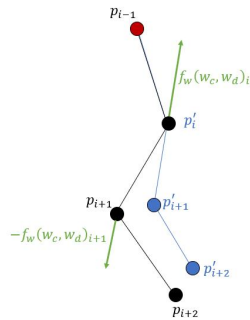


Fig. 2. Our method

이전 방법에서는 스무딩된 예지인 b_i 의 길이와 스무딩된 원본 예지인 \bar{b}_i 의 길이 차이를 이용하여 헤어 입자의 원본 컬의 방향인 \hat{b}_i 으로 힘을 적용된다 (Fig. 3 참조). 결과적으로 앞에서 언급한 것처럼 이는 아무리 계수를 높여도 원본 예지만을 유지한다.

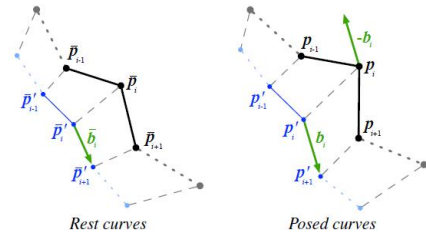


Fig. 3. Constraint with previous method[2].

Fig 4와 같이 기존의 헤어 모델은 곱슬 헤어 모델에 사용된 계수들을 높게 설정하여도 원본 굽힘을 최대한 유지하려는 결과를 만든다. 이 접근법은 강한 힘을 적용해서 해당 컬에 대한 제약만을 표현할 뿐 그 이상의 상태변화는 모델링하기 어렵다.



Fig. 4. Curly hair simulations[2].

3. Wet gradation

본 논문에서는 헤어 입자마다 w_c 값을 지정하여 세그먼트별로 상태변화를 적용할 수 있다. 다만 지역적으로 상태변화를 적용하여 w_c 값을 설정하면, w_c 값이 변화하는 구간에서 부자연스럽게 방향이 치우치는 문제가 발생한다. 이 문제를 완화하기 위해 w_c 값을 상태 변화를 원하는 구간과 아닌 구간 사이에 가중치 그래디언션을 적용하여 이 문제를 완화한다.

III. Conclusions

본 논문에서는 곱슬 헤어 시뮬레이션의 기존의 연구에 젖은 헤어의 상태변화를 고려한 새로운 헤어 동역학 모델을 제시하였다. 향후 연구에서는 젖은 헤어에서 발생하는 군집화 현상 등 다양한 헤어의 상태 변화에 대해 연구를 할 계획이다.

REFERENCES

[1] Müller, Matthias, Tae-Yong Kim and Nuttapon Chentanez. "Fast Simulation of Inextensible Hair and Fur." VRIPHYS (2012).

[2] Iben, Hayley, Mark Meyer, Lena Petrovic, Olivier Soares, John Anderson, and Andrew Witkin. "Artistic simulation of curly hair." In Proceedings of the 12th ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation, pp. 63-71. 2013.