

## 젖은 곱슬머리를 안정적으로 표현하기 위한 헤어 다이내믹스

안장훈<sup>o</sup>, 김종현<sup>\*</sup>

<sup>o</sup>강남대학교 소프트웨어응용학부,

<sup>\*</sup>강남대학교 소프트웨어응용학부

e-mail: jonghyunkim@kangnam.ac.kr

## Hair Dynamics for Stable Expression of Wet and Curly Hair

Jang Hoon An<sup>o</sup>, Jong-Hyun Kim<sup>\*</sup>

<sup>o</sup>School of Software Application, Kangnam University,

<sup>\*</sup>School of Software Application, Kangnam University

### ● 요약 ●

본 논문에서는 헤어가 젖었을 때 표현되는 다양한 물리적 효과를 사실적으로 표현할 수 있는 알고리즘에 대해 제안한다. 젖은 헤어에서 나타나는 곱슬 형태를 헬릭스 기반으로 모델링하여 젖었을 때 더욱더 과하게 표현되도록 하였으며, 큰 계산량 없이 효율적으로 젖은 곱슬 헤어를 효율적으로 표현하였다.

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

### I. Introduction

헤어는 3D 콘텐츠 시장에서 가상 캐릭터의 성격과 스타일 개성을 정의하는 중요한 역할을 하며, 캐릭터의 표정과 역동적인 움직임과 같은 *First action*과 옷 지락, 헤어의 움직임과 같은 *Secondary action*의 자연스러운 상호작용은 캐릭터를 더욱 돋보이게 하고 사실감을 더해준다.[1] 그러나 이를 위해서는 헤어의 움직임이 물리적으로 자연스러워야 할 뿐만 아니라 헤어에 적용되는 여러 가지 상태 변화에 대한 헤어의 재질을 표현할 수 있어야 한다. 이러한 헤어의 상태 변화는 수분/열에 의한 물리적 현상을 의미하며 공통적으로 컬이 강해지는 등의 재질에 대한 변화가 발생하며 특히 곱슬머리에서 그러한 특성이 강하게 나타난다.

적모 상태의 헤어는 비교적 단순한 질량-스프링 구조로 구현할 수 있지만 곱슬모에 대한 시뮬레이션은 원본 컬의 형태를 유지해야 하는 제한이 추가되기 때문에 더욱 복잡하다. 이에 본 논문에서는 곱슬모의 원본 컬의 형태를 유지하면서 적은 연산으로 수분/열과 같은 물리적 현상에 의한 상태 변화를 모델링하는 효율적인 방법을 제시한다.

### II. Preliminaries

#### 1. Related works

곱슬모에 대한 동역학을 제안한 기존 연구는 헤어 입자간의 선형 스프링(Linear spring) 외에 굽힘 스프링(Bending spring), 코어 스프링(Core spring)을 추가적으로 도입하여 컬의 원본 곱슬 형태를 유지하는 방법을 제시했다.[2] 해당 방법은 다양한 매개 변수를 통해 헤어의 재질(헤어의 강성 또는 신축성 등)을 표현하지만, 본 논문에서 제시하는 헤어의 원본 컬 형태를 벗어나는 상태 변화에 대해서는 표현하지 못한다.

### III. The Proposed Scheme

#### 1. Hair model

본 논문에서 사용한 헤어 모델은 Section 2.2에 설명한 곱슬모 동역학 시뮬레이션을 활용한다. 이전 방법과 유사하게 세가지 스프링 모델을 구성하고 Section 3.2에서 서술할 임의의 나선 구조 모델에서 컬 형태를 제어하는 새로운 힘을 추가하여 컬의 상태변화를 모델링한다.

#### 2. Helix model

헤어의 원본 컬의 형태를 벗어나는 상태 변화를 모델링하기 위해 시뮬레이션을 시작하기 전에 3차원 공간의 곡선인 임의의 나선 구조

모델을 계산한다[3]. 이때 헤어 입자와 나선 구조 모델의 입자 수는 동일하여야 하며 헤어 입자의 수가 헤어의 가닥마다 동일하지 않는 경우, 각 헤어 가닥의 입자수와 동일한 입자수를 갖는 나선 구조 모델의 계산이 필요하다 (수식 1 참조).

$$\begin{aligned} x(t) &= a \cos(t) \\ y(t) &= a \sin(t) \\ z(t) &= bt \end{aligned} \quad (1)$$

위 식에서 매개 변수  $t$ 의 증가에 따라  $z$ 축 방향으로 반지름  $a$ 의 나선이 생성된다 (Fig. 1 참조).

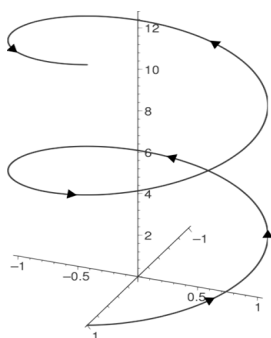


Fig. 1. Helix model

### 3. Hair model formulation

헤어 입자의 현재 위치를  $P = \{p_0, \dots, p_N\}$ 으로 정의하였을 때 나선 구조 모델의 입자 위치를  $H = \{h_0, \dots, h_N\}$ 으로 정의한다. 시뮬레이션 중에 헤어와 나선 구조 모델 입자의 root에서 tip 방향의 벡터  $p_N - p_0$ 와  $h_N - h_0$ 를 정규화 하여 나선 구조 모델을 현재 헤어의 방향에 포즈하기 위한 행렬  $M$ 을 구한다. 이러한 회전 행렬을 사용하여 헤어 입자의 현재 위치와 동일한 위치에 나선 구조 모델의 edge를 현재 포즈와 일치시킨다. 여기서  $H \sum_{i=0}^{N-1}$  일 때 컬의 상태 변화를 모델링하는 힘  $f_w$ 을 다음과 같이 정의한다 (수식 2 참조).

$$f_w = M(h_{i+1} - h_i)w_c s^2 \quad (2)$$

위 식에서 세그먼트 별로 상태 변화에 대한 강도를 나타내는 계수  $s$ 를 사용하여  $s \in [0, 1]$ 에서 Fig. 2와 같이 세그먼트 별로 상태 변화를 제어할 수 있다.

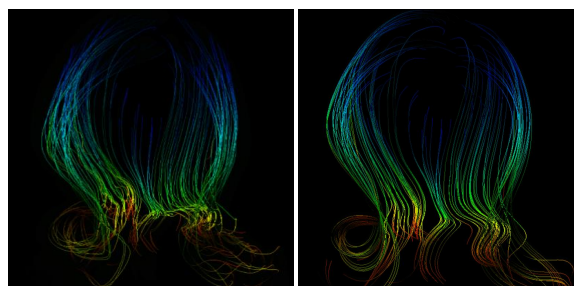


Fig. 2. State change model according to saturation expressed by heat map(left). Original Model(right).

## IV. Conclusions

본 논문에서는 기존 연구된 곱슬모 동역학 시뮬레이션에서 사전 계산된 임의의 나선 구조 모델을 사용하여 헤어의 원본 컬 형태를 벗어나는 상태 변화에 대한 효율적인 표현 방식을 제시하여, 헤어에 가해지는 물리 현상에 대한 재질 변화를 적은 연산으로 자연스러운 동역학을 달성할 수 있었다. 이는 곱슬모 뿐만 아니라 다양한 헤어 스타일에도 본 논문의 방법을 적용할 수 있다.

## REFERENCES

- [1] Choi, Min-kyw. (2019). A Study on the Influence of Animating through Disney Animation's Realism. The Treatise on The Plastic Media, 22(1), 43-51.
- [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.
- [3] Weisstein, Eric W. "Helix". MathWorld. <https://mathworld.wolfram.com/Helix.html>