Một thuật toán mô phỏng tóc dạng khối dựa vào phân chia mô hình da đầu

A Block Hair Simulation Algorithm based on The Scalp Model Division

Nguyễn Văn Huân và Phạm Việt Bình

Abstract: *The hair simulation, two approaches are commonly used as hair simulation as block and strand. With the hair simulation as block, such as hair images that are suitable for short hair, hair stick scalp surface and meet the requirements of the simulation time. However, the hair simulation approach as hair block commonly used 2D hair images to map directly onto the 3D scalp surface. But that 3D scalp model is a surface model should normally cause distortion, making it difficultly for the mapping.*

This paper proposes a hair simulation algorithm as block based on 3D scalp model division proposal into different areas of the scalp to reduce curvature and facilitate the process of mapping from the 2D hair images to 3D scalp model. At the same time, the paper also proposed interpolation technique to interpolate the remaining points and the adjacent areas based on the normal vector to ensure that the hair model results are smooth and continuous.

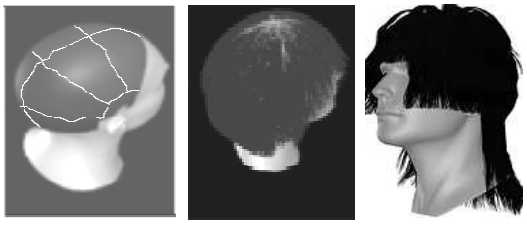
I. GIỚI THIỆU

Sự phát triển của lĩnh vực thực tại ảo đã đưa đến nhiều ứng dụng mới trong các ngành như giáo dục, y tế, an ninh quốc phòng, thương mại, giải trí,... Trong thực tại ảo, việc mô hình hoá và điều khiển mô hình các đối tượng là hai pha chính. Trong pha điều khiển mô hình, việc xây dựng mô hình toán học sát với mô hình thực tế là vấn đề được quan tâm hàng đầu của các chuyên gia. Đặc biệt là việc hoàn thiện các tác vụ mô phỏng thế giới thực hoặc tạo dựng hiện thực ảo liên quan đến con người, động vật, chất liệu có tính sợi,... chẳng hạn như tóc.

Dựa trên cơ sở nghiên cứu về những đặc trưng của tóc [9] như vật lý, cấu trúc, màu sắc, hình thái,... bài toán mô phỏng tóc được xác định là có ba hướng tiếp cận chính gồm: (1). Mô phỏng tóc dưới dạng khối (thô); (2). Mô phỏng tóc dưới dạng sợi (tinh); (3). Mô phỏng tóc dưới dạng kết hợp tóc dạng khối và sợi.

Nhằm tiếp tục kế thừa và phát triển các kết quả nghiên cứu của tác giả và cộng sự [10], bài báo này nghiên cứu đề xuất theo hướng tiếp cận mô phỏng tóc dưới dạng khối, cho phép mô phỏng tóc dưới dạng ảnh tóc 2D, rồi ánh xạ sang mô hình da đầu 3D (Koh và Huang [5]; Bando và Chen[3]; Gibbs[4]; Ward và Kim[9]). Tuy nhiên, cách này gây ra những biến dạng, tạo ra những chỗ lồi lõm và ảnh hưởng đến quá trình ánh xạ, vì mô hình da đầu 3D là mô hình mặt cong.

Để giảm độ cong, khắc phục sự biến dạng và những chỗ lồi lõm khi ánh xạ từ ảnh tóc 2D sang mô hình da đầu 3D, người ta đã chia mô hình da đầu 3D thành các vùng da đầu khác nhau như: Lee và cộng sự [7] (Hình 1) chia mô hình da đầu thành 10 vùng da đầu, Kim và Neumann [6] chia mô hình da đầu thành 4 vùng da đầu trong khi Liang và Huang [8] lại chia mô hình da đầu thành 3 vùng da đầu.



Hình 1. Mô hình tóc của Lee và cộng sự [7]

Sở dĩ có sự phân chia khác nhau, vì các tác giả Lee và cộng sự [7], Kim và Neumann[6], Liang và

Huang[8], xem vùng da đầu là nơi tóc mọc nhưng da đầu có thể không bám sát hộp sọ và việc phân chia vùng da đầu thành các vùng khác nhau dựa vào sự xuất hiện và hành vi chuyển động của mỗi kiểu tóc. Để mô phỏng mỗi kiểu tóc, chúng ta lại phải có cách chia da đầu khác nhau phù hợp và như vậy, các phương pháp này không dễ dàng cho mô phỏng nhiều kiểu tóc khác nhau. Hơn nữa, các phương pháp của Kim và Neumann [6], Liang và Huang [8] không dễ dàng trong việc ánh xạ từ các ảnh tóc 2D lên các vùng da đầu 3D. Các phương pháp này mới chỉ dừng lại ở việc phủ tóc lên bề mặt da đầu bằng phương pháp ánh xạ, mà chưa chú trọng tới việc xử lý những biến dạng, vết răng cưa tại những vùng tiếp giáp giữa các ảnh tóc để làm cho tóc kết quả được trơn và liên tục.

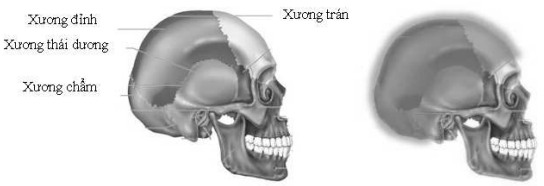
Bài báo này đề xuất một kỹ thuật mô phỏng tóc dạng khối dựa trên cơ sở đề xuất một cách chia mới mô hình da đầu 3D theo cấu trúc các vùng xương sọ trong y học thành 6 vùng da đầu tương ứng. Kỹ thuật đề xuất này nhằm giảm bớt độ cong của mô hình da đầu 3D, thuận lợi cho việc ánh xạ các ảnh tóc lên các vùng da đầu tương ứng và linh hoạt trong việc mô phỏng nhiều kiểu tóc khác nhau. Bài báo này còn đề xuất giải pháp nội suy một số điểm nhằm đảm bảo ràng buộc trong một vùng tóc (trơn), nội suy các vùng tiếp giáp (trơn và liên tục).

Kết quả của bài báo có ý nghĩa góp phần xây dựng và mô phỏng các nhân vật ảo cho các lĩnh vực ứng dụng giải trí, điện ảnh, giáo dục, thiết kế,... Có khả năng ứng dụng trong công tác tư vấn thiết kế và thí nghiệm mô hình tóc trên con người ảo. Đặc biệt, kết quả của bài báo còn làm cơ sở đề xuất ý tưởng cho kỹ thuật tăng tốc độ mô phỏng tóc dựa vào rút gọn số lượng bề mặt da đầu (bằng phẳng).

Phần còn lại của bài báo được cấu trúc như sau: Phần II trình bày đề xuất phân chia mô hình da đầu thành các vùng khác nhau. Phần III trình bày đề xuất về thuật toán mô phỏng tóc. Phần IV trình bày một số kết quả thực nghiệm và so sánh với các đề xuất khác và phần V là kết luận của bài báo.

II. ĐỀ XUẤT PHÂN CHIA MÔ HÌNH DA ĐẦU

II.1. Các phần xương: mảng tóc mọc trên mô hình da đầu thường gắn liền với xương vòm sọ. Xương vòm sọ là một trong số ít xương được hình thành trực tiếp bằng cách chuyển từ màng thành xương. Quá trình biến từ màng thành xương gọi là màng cốt hoá và xương được gọi là xương màng. Xương vòm sọ có những thành phần cơ bản [1,2,10] sau:



a) Thành phần cơ bản của xương vòm sọ *b) Mô hình da đầu 3D*

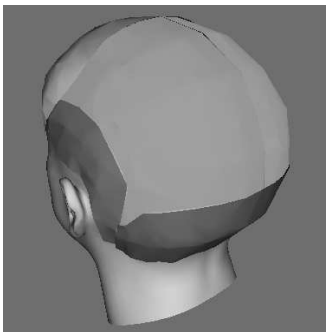
Hình 2. Xương vòm sọ và mô hình da đầu bao phủ [1,2,10]

Trong các thành phần xương, ngoại trừ xương đỉnh là có bề mặt cong hơn, các phần còn lại như nửa trên xương trán, xương chẩm và xương thái dương đều tương đối bằng phẳng. Nhìn chung, các xương sọ đều là loại xương dẹt, có bề mặt tương đối phẳng [1].

II.2. Phân chia mô hình da đầu theo cấu trúc xương sọ:

Mô hình da đầu 3D được chia thành 6 vùng da đầu tương ứng với 6 vùng xương sọ dựa vào cấu trúc xương của hộp sọ. Đó là, vùng trán trên, vùng chẩm, 2 vùng thái dương và 2 vùng đỉnh tương ứng với hai nửa của xương đỉnh. Sở dĩ có sự lựa chọn như vậy vì xương là cấu trúc nền tảng cho da đầu. Hơn nữa, bản thân các vùng xương của cấu trúc vòm sọ là xương màng nên tương đối bằng phẳng. Mặt khác, các vùng xương vòm sọ gần như tương đồng, thống nhất, do đó biến dạng là ít nhất.

Vì vậy, việc phân chia này sẽ làm tăng khả năng mô phỏng các mảng tóc lên các vùng da đầu dựa vào kỹ thuật ánh xạ. Ngoài ra, do các mẫu tóc là các ảnh phẳng 2D nên việc ánh xạ chúng lên các vùng càng bằng phẳng thì càng đỡ biến dạng. Xuất phát từ thực tế, ta phân chia da đầu thành 6 vùng.

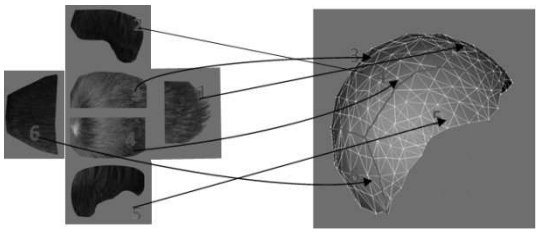


Hình 3. Phân chia mô hình da đầu 3D thành 6 vùng da đầu

III. ĐỀ XUẤT THUẬT TOÁN MÔ PHỎNG TÓC

III.1. Ánh xạ các ảnh tóc 2D lên các vùng da đầu 3D

Để ánh xạ các ảnh tóc 2D lên các vùng da đầu tương ứng, ta sẽ chuẩn bị 6 ảnh tóc 2D có kích thước phù hợp, tương ứng với từng vùng da đầu. Các ảnh tóc này thể hiện kiểu tóc mà ta muốn thể hiện cho những nhân vật cần mô tả. Hình 4 là minh họa cho ảnh tóc tương ứng với vùng lưới da đầu của nam giới.



a) 6 ảnh tóc 2D *b) 6 vùng da đầu*

Hình 4. Ảnh tóc 2D và vùng lưới da đầu 3D

Việc ánh xạ các ảnh tóc hai chiều sang các vùng da đầu ba chiều tương ứng, thực chất là thực hiện hàm biến đổi f_j, $j=1,..,6$ từ ảnh tóc hai chiều sang vùng da đầu ba chiều [11]. Để giải quyết vấn đề này, người ta có thể sử dụng một trong hai cách sau đây:

Cách 1: Xem mỗi ảnh tóc 2D như là một bề mặt trong không gian R^3 và ánh xạ f_j cần tìm sẽ được xác định trên tập các cặp điểm tương ứng (P_i,P_i') với $i=1..n$, P_i là các điểm trên ảnh tóc có toạ độ (x_i,y_i,z_i), còn P_i' là các điểm tương ứng trên vùng da đầu có toạ độ (x_i',y_i',z_i').

Việc tìm này thường dựa trên một tiêu chuẩn tối ưu nào đó, chẳng hạn tổng độ lệch bình phương tối thiểu

$$\sum_{i=1}^{n}\left\|P_i'-f_j(P_i)\right\|^2 \to min$$

Với mỗi ánh xạ f_j:

$$f_j(x,y,z)=(a_1x+b_1y+c_1z+d_1, a_2x+b_2y+c_2z+d_2, a_3x+b_3y+c_3z+d_3)$$

Với a_1,b_1,c_1,d_1; a_2,b_2,c_2,d_2; a_3,b_3,c_3,d_3 là các hệ số

Khi đó, với $\Phi=\sum_{i=1}^{n}\left\|P_i'-f_j(P_i)\right\|^2$

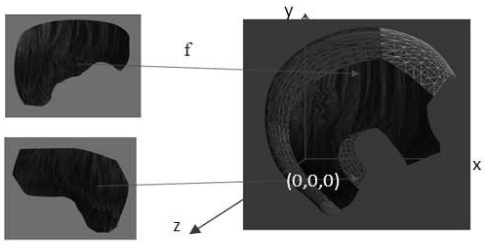
$$=\sum_{i=1}^{n}\Big[\left(a_1x_i+b_1y_i+c_1z_i+d_1-x_i'\right)^2+\left(a_2x_i+b_2y_i+c_2z_i+d_2-y_i'\right)^2+\left(a_3x_i+b_3y_i+c_3z_i+d_3-z_i'\right)^2\Big]$$

Điều này dẫn đến hệ phương trình:

$$\begin{cases}\dfrac{\partial\Phi}{\partial a_1}=0\\ \dfrac{\partial\Phi}{\partial b_1}=0\\ \dfrac{\partial\Phi}{\partial c_1}=0\\ \dfrac{\partial\Phi}{\partial d_1}=0\end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases}\sum_{i=1}^{n}(a_1x_i+b_1y_i+c_1z_i+d_1-x_i')x_i=0\\ \sum_{i=1}^{n}(a_1x_i+b_1y_i+c_1z_i+d_1-x_i')y_i=0\\ \sum_{i=1}^{n}(a_1x_i+b_1y_i+c_1z_i+d_1-x_i')z_i=0\\ \sum_{i=1}^{n}(a_1x_i+b_1y_i+c_1z_i+d_1-x_i')=0\end{cases}$$

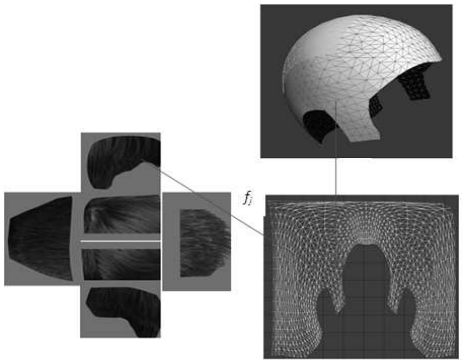
$$\Leftrightarrow \begin{pmatrix}\sum_{i=1}^{n}x_i^2 & \sum_{i=1}^{n}x_iy_i & \sum_{i=1}^{n}x_iz_i & \sum_{i=1}^{n}x_i\\ \sum_{i=1}^{n}x_iy_i & \sum_{i=1}^{n}y_i^2 & \sum_{i=1}^{n}y_iz_i & \sum_{i=1}^{n}y_i\\ \sum_{i=1}^{n}x_iz_i & \sum_{i=1}^{n}y_iz_i & \sum_{i=1}^{n}z_i^2 & \sum_{i=1}^{n}z_i\\ \sum_{i=}^{n}x_i & \sum_{i=1}^{n}y_i & \sum_{i=1}^{n}z_i & n\end{pmatrix}\begin{pmatrix}a_1\\ b_1\\ c_1\\ d_1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\sum_{i=1}^{n}x_ix_i'\\ \sum_{i=1}^{n}y_ix_i'\\ \sum_{i=1}^{n}z_ix_i'\\ \sum_{i=1}^{n}x_i'\end{pmatrix}$$

Việc giải hệ phương trình tuyến tính này thường là phức tạp và phụ thuộc vào việc lựa chọn các cặp điểm điều khiển (P_i,P_i') trước đó.



Hình 5. Ánh xạ ảnh tóc 2D lên vùng da đầu 3D

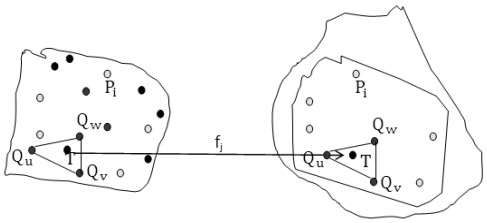
Cách 2: Chiếu vùng da đầu 3D tương ứng xuống mặt phẳng 2D, khi đó bài toán ánh xạ các ảnh tóc 2D lên các vùng da đầu 3D trở thành bài toán ánh xạ các ảnh tóc 2D sang các vùng da đầu 2D thông qua ánh xạ f_j ứng với cặp điểm điều khiển (P_i,P_i').



Hình 6. Ánh xạ các ảnh tóc 2D sang các vùng da đầu 2D

III.2. Nội suy các điểm còn lại để đảm bảo ràng buộc trong một vùng tóc

Trong thực tế, khi ánh xạ các ảnh tóc 2D lên các vùng da đầu 3D như kỹ thuật ánh xạ trên mục III.1, đôi khi người ta chỉ ánh xạ một phần các điểm của ảnh tóc 2D lên vùng da đầu 3D tương ứng, các điểm còn lại sẽ được nội suy trên cơ sở các điểm này nhằm đảm bảo sự ràng buộc trong một vùng tóc và đặc biệt là thể hiện tính cục bộ tại các vị trí khác nhau trên từng vùng. Mặc dù, kỹ thuật ánh xạ trong mục III.1 đã đảm bảo việc ánh xạ các ảnh tóc vào các vùng da đầu phù hợp trên mô hình hộp sọ 3D.



a) Ảnh tóc b) Nội suy điểm T' dùng ánh xạ f_j

Hình 7. Nội suy điểm T' dựa vào điểm T trên ảnh tóc sử dụng ánh xạ f_j

Với các điểm còn lại không thuộc vào các cặp điểm điều khiển (P_i,P_i'), với $P_i \in A_j$, $P_i' \in C_j$, i=1,..,n, j=1,..,6, A_j là sáu ảnh tóc, C_j là sáu vùng da đầu. Chúng ta chia các điểm trên ảnh tóc A_j thành 2 tập điểm P_{ax} và P_{ns}.

Trong đó: P_{ax} là tập các điểm điều khiển và tập các điểm sử dụng ánh xạ f_j.

P_{ns} là tập các điểm nội suy sử dụng ánh xạ f_j

- Với các điểm P_{ax}, thực hiện ánh xạ sử dụng f_j:

$$P'=f_j(P) \ \forall P \in P_{ax}$$

- Với mỗi điểm $T \in P_{ns}$, thì nội suy để xác định điểm T' trên vùng da đầu, cụ thể:

+ Tìm một tam giác $\Delta Q_uQ_vQ_w$ chứa điểm T và ba điểm Q_u, Q_v, Q_w thuộc P_{ax}.

Tính các hệ số α_1, α_2, α_3 dựa vào diện tích của các tam giác:

$$\alpha_1=S(Q_uQ_vT)/S(Q_uQ_vQ_w);$$
$$\alpha_2=S(Q_vQ_wT)/S(Q_uQ_vQ_w)$$
$$\alpha_3=S(Q_wQ_uT)/S(Q_uQ_vQ_w);$$

Sao cho $\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3=1$ và $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \in [0,1]$

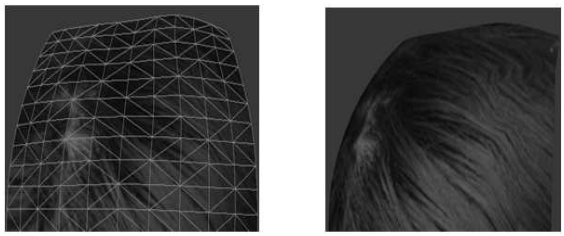
Khi đó, xác định được điểm $T \in \Delta Q_uQ_vQ_w$ của ảnh tóc A_j ứng α_1, α_2, α_3 như sau:

$$T= \alpha_1*Q_u+\alpha_2*Q_v+\alpha_3*Q_w$$

+ Xác định ba điểm Q_u', Q_v', Q_w' trên bề mặt da đầu tương ứng với ba điểm Q_u, Q_v, Q_w trên ảnh tóc bằng ánh xạ f_j tìm được ở trên: $Q_u'=f_j(Q_u)$, $Q_v'=f_j(Q_v)$, $Q_w'=f_j(Q_w)$

+ Xác định điểm $T' \in \Delta Q_u'Q_v'Q_w'$ dựa vào giá trị của điểm $T \in \Delta Q_uQ_vQ_w$:

$$T' = f_j(T) = f_j(\alpha_1*Q_u+\alpha_2*Q_v+\alpha_3*Q_w) = \alpha_1*Q_u'+\alpha_2*Q_v'+\alpha_3*Q_w'$$



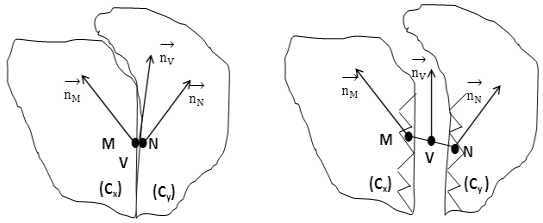
a) Lưới tam giác và nội suy điểm *b) Tóc sau khi nội suy*

Hình 8. Nội suy các điểm còn lại thuộc tam giác

III.3. Nội suy vùng tiếp giáp

Hàm ánh xạ f tìm được trong mục III.1 thực hiện ánh xạ các ảnh tóc 2D lên các vùng da đầu 3D sẽ tạo ra vùng tiếp giáp giữa các mảng tóc và dẫn đến làm cho mô hình tóc kết quả có thể chưa đảm bảo được trơn và liên tục.

Mặt khác, khi chia mô hình da đầu 3D thành các vùng da đầu thì một điểm thuộc vùng biên (ranh giới) giữa các vùng có thể sẽ tạo ra hai điểm thuộc về hai vùng da đầu có giá trị toạ độ khác nhau (điểm M, N). Do đó, khi ánh xạ từ các điểm P_i trên ảnh tóc lên các điểm P_i' trên vùng da đầu 3D sẽ xảy ra trường hợp một điểm P_i có thể ánh xạ đến hai điểm P_i' (M, N) trên các vùng da đầu. Vì vậy, để đảm bảo các vùng tiếp giáp được trơn và liên tục, chúng ta sử dụng kỹ thuật nội suy pháp tuyến để xấp xỉ hai điểm M, N thành điểm V.



a) Vùng tiếp giáp *b) Cách tính vectơ pháp tuyến* $\overrightarrow{n_V}$

Hình 9. Nội suy vùng tiếp giáp giữa hai vùng da đầu

Trong Hình 9(b), điểm M thuộc một tam giác trong ảnh tóc (C_x), điểm N thuộc một tam giác trong ảnh tóc (C_y) trên mô hình da đầu mà có khoảng cách MN là nhỏ nhất, điểm V được nội suy thông qua đoạn thẳng nối hai điểm M và N, $\overrightarrow{n_M}$, $\overrightarrow{n_N}$ là hai vectơ pháp tuyến tại hai điểm M, N tương ứng. Độ dài đoạn MV và NV tương ứng là a và b.

Để tính ra vectơ $\overrightarrow{n_V}$, chúng ta cần tính các vectơ pháp tuyến bề mặt $\overrightarrow{n_M}$ và $\overrightarrow{n_N}$. Sau đó, tính vectơ pháp tuyến $\overrightarrow{n_V}$ tại điểm V:

$$\overrightarrow{n_V} = \frac{a.\overrightarrow{n_M} + b.\overrightarrow{n_N}}{a+b}$$

Như vậy, ta xuất phát từ một vectơ pháp tuyến cho mỗi điểm hoặc điểm ảnh, đó là một xấp xỉ đối với pháp tuyến thực trên bề mặt cong được xấp xỉ. Sau đó, $\overrightarrow{n_V}$ được sử dụng trong tính toán cường độ màu sắc cho bề mặt chứa $\overrightarrow{n_V}$.

a) Tóc trước khi nội suy *b) Tóc sau khi nội suy*

Hình 10. Tóc trước và sau khi nội suy vùng tiếp giáp giữa các mảng tóc

III.4. Thuật toán mô phỏng tóc dựa vào phân chia mô hình da đầu SD

Thuật toán SD (Scalp Division) thực hiện việc mô phỏng tóc dựa vào phân chia mô hình da đầu (*mục II*) và kỹ thuật ánh xạ (*mục III.1*), nội suy (*mục III.2*) và xử lý vùng tiếp giáp (*mục III.3*).

Thuật toán SD gồm hai pha chính:

**** Pha 1***: Ánh xạ các ảnh tóc A_j lên các vùng da đầu C_j với mọi j=1,..,6 dựa vào ánh xạ f_j ứng với các cặp (P_i,P_i') với i=1,..,n và các điểm nội suy.

**** Pha 2***: Nội suy các cặp điểm tương ứng thuộc hai vùng tiếp giáp nhau bằng phép nội suy theo hướng vectơ pháp tuyến để đảm bảo độ trơn và liên tục trên mô hình tóc kết quả.

*** Thuật toán mô phỏng tóc SD:**

Đầu vào:

Bề mặt da đầu $C=\{C_j\}_{|j=1,..,6}$ gồm 6 vùng da đầu,

6 ảnh tóc tương ứng $A=\{A_j\}_{|j=1,..,6}$,

Đầu ra:

Bề mặt da đầu C đã phủ ảnh tóc A

Các bước thực hiện của thuật toán:

Begin

Pha 1: *Ánh xạ các ảnh tóc A_j lên các vùng da đầu C_j tương ứng với $\forall j=1,..,6$*

begin

***Bước 1**: Lựa chọn các cặp điểm điều khiển (P_i,P_i'),*

với $P_i \in A_j$, $P_i' \in C_j$, i=1,..,n

***Bước 2**: Với n cặp điểm điều khiển (P_i,P_i')*

Tìm ánh xạ f_j:$A_j \rightarrow C_j$ sao cho $\sum_{i=1}^{n} ||P_i' - f_j(P_i)||^2 \rightarrow min$

***Bước 3:** Nếu tìm được ánh xạ f_j thì chuyển sang **Bước 4**.*

*Ngược lại, quay lại **Bước 1** hoặc kết thúc.*

***Bước 4**: Chia các điểm trên A_j thành 2 tập điểm P_{ax} và P_{ns}*

P_{ax} là tập các điểm điều khiển và điểm sử dụng ánh xạ f_j

P_{ns} là tập các điểm nội suy sử dụng ánh xạ f_j

4.1. Ánh xạ tập điểm P_{ax} sử dụng ánh xạ f_j:

$$P' = f_j(P) \ \forall P \in P_{ax}$$

4.2. Với $\forall T \in P_{ns}$

begin

+ Tìm một tam giác $\Delta Q_u Q_v Q_w$ chứa điểm T và Q_u, Q_v, Q_w thuộc P_{ax}

Tính các hệ số α_1, α_2, α_3:

$\alpha_1 = S(Q_u Q_v T)/S(Q_u Q_v Q_w)$

$\alpha_2 = S(Q_v Q_w T)/S(Q_u Q_v Q_w)$

$\alpha_3 = S(Q_w Q_u T)/S(Q_u Q_v Q_w)$

//S là diện tích của các tam giác

Sao cho $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$ và

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \in [0,1]$

Khi đó, xác định được điểm $T \in \Delta Q_u Q_v Q_w$ của A_j ứng α_1, α_2, α_3:

$$T = \alpha_1 * Q_u + \alpha_2 * Q_v + \alpha_3 * Q_w$$

+ Xác định ba điểm Q_u', Q_v', Q_w' trên bề mặt da đầu tương ứng với ba điểm Q_u, Q_v, Q_w trên ảnh tóc bằng ánh xạ f_j tìm được ở trên:

$$Q_u' = f_j(Q_u),\ Q_v' = f_j(Q_v),\ Q_w' = f_j(Q_w)$$

+ Xác định điểm $T' \in \Delta Q_u' Q_v' Q_w'$ dựa vào giá trị điểm $T \in \Delta Q_u Q_v Q_w$:

$$T' = f_j(T) = f_j(\alpha_1 * Q_u + \alpha_2 * Q_v + \alpha_3 * Q_w)$$

$$= \alpha_1 * Q_u' + \alpha_2 * Q_v' + \alpha_3 * Q_w'$$

end;

end;

***Pha 2:** Nội suy vùng tiếp giáp*

***Bước 5**: Với $\forall M \in C_x$, $\forall N \in C_y$*

Trong đó: C_x và C_y là 2 vùng tiếp giáp nhau.

Tính vectơ pháp tuyến tại điểm V:

$$\overrightarrow{n_V} = \frac{a.\overrightarrow{n_M} + b.\overrightarrow{n_N}}{a+b}$$

Với $\overrightarrow{n_M}$ và $\overrightarrow{n_N}$ là hai vectơ pháp tuyến tại hai điểm M và N tương ứng.

Điểm V thuộc vào đoạn MN, a=MV, b=NV.

End.

IV. THỰC NGHIỆM

Chúng tôi đã cài đặt thử nghiệm thuật toán SD đề xuất vào mô phỏng tóc trên mô hình da đầu theo cách ánh xạ 1 (*mục III.1*) với hai cách chia mô hình da đầu khác nhau trên máy tính PC với CPU T2050 @ 1.60 GHz, 1 GB RAM bằng phần mềm Visual C++, thư viện OPENGL.

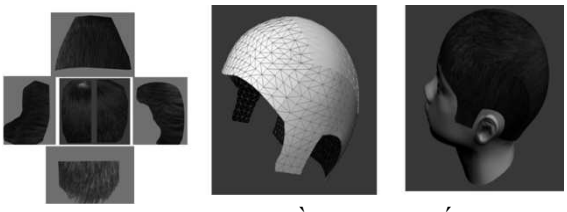
Với cách chia da đầu thành 6 vùng: đầu vào là 6 ảnh tóc và 6 vùng da đầu tương ứng với các cặp điểm điều khiển được lựa chọn trước.

Với cách chia da đầu thành 10 vùng theo Lee và cộng sự [7]: đầu vào là 10 ảnh tóc và 10 vùng da đầu tương ứng với các cặp điểm điều khiển được lựa chọn trước.

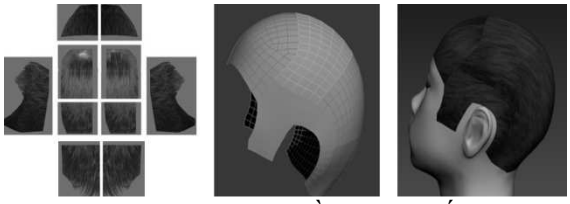
Hình 11 (a,b,c) là 6 ảnh tóc, 6 vùng da đầu và mô hình tóc kết quả dựa vào kỹ thuật đề xuất của tác giả về phân chia mô hình da đầu thành 6 vùng dựa theo cấu trúc tự nhiên của sáu vùng xương sọ để giảm độ cong của mô hình da đầu 3D. Còn hình 11 d,e,f) là 10 ảnh tóc, 10 vùng da đầu và mô hình tóc kết quả dựa vào phân chia mô hình da đầu thành 10 vùng theo kỹ thuật của nhóm tác giả Lee và cộng sự [7].

Trong hai cách phân chia mô hình da đầu trên, cách phân chia mô hình da đầu thành 6 vùng theo cấu trúc

tự nhiên của 6 vùng xương sọ trong đề xuất của tác giả bài báo cho kết quả mô hình tóc trơn và tốt hơn so với cách phân chia mô hình da đầu thành 10 vùng theo nhóm Lee và cộng sự [7]. Mặt khác, vì phân chia mô hình da đầu 3D dựa theo cấu trúc tự nhiên của các vùng xương sọ nên các vùng da đầu tương đối phẳng, tương đồng, thống nhất. Do đó, các vùng da đầu ít biến dạng và thuận lợi cho việc sử dụng các kỹ thuật ánh xạ từ các ảnh tóc 2D lên các vùng da đầu 3D tương ứng.



a) 6 ảnh tóc b) 6 vùng da đầu c) Tóc kết quả
Phân chia mô hình da đầu thành 6 vùng



a) 10 ảnh tóc b) 10 vùng da đầu c) Tóc kết quả
Phân chia mô hình da đầu thành 10 vùng theo Lee và cộng sự [7]

Hình 11. Một số hình ảnh mô phỏng tóc

Bên cạnh đó, với đề xuất của tác giả thì các ảnh tóc được ánh xạ trực tiếp lên bề mặt da đầu mà không thông qua một offset (lớp đệm) nào, tóc bám sát bề mặt da đầu. Do đó, đề xuất phân chia mô hình da đầu thành 6 vùng sẽ có những ưu điểm sau:

+ Dễ dàng thay đổi kiểu tóc: vì để tạo ra những kiểu tóc khác nhau thì không phải chia lại mô hình da đầu, không cần phải thiết kế lại mô hình 3D, mà chỉ cần thay đổi lại kiểu ảnh tóc 2D. Việc thay đổi lại kiểu tóc 2D dễ dàng hơn nhiều so với kiểu tóc 3D.

+ Phù hợp cho ứng dụng trong ngành công nghiệp giải trí, vì dễ dàng tạo ra nhiều kiểu tóc khác nhau.

+ Mô hình tóc kết quả đảm bảo trơn và liên tục, tốt hơn do sử dụng nội suy điểm còn lại và xử lý các vùng tiếp giáp.

Trong khi đề xuất của nhóm tác giả Lee và cộng sự: Phân chia mô hình da đầu thành 10 vùng theo các khối tóc thể hiện hành vi và kiểu dáng tóc. Do đó, với mỗi khối tóc (kiểu tóc) được thiết kế bởi một offset (là lớp đệm cho tóc mọc). Tóc có thể không bám sát bề mặt da đầu mà tóc được ánh xạ lên bề mặt của các offset. Do đó, với đề xuất của nhóm tác giả Lee và cộng sự sẽ có một số nhược điểm sau:

+ Không dễ dàng thay đổi kiểu tóc: Vì để tạo ra những kiểu tóc khác nhau thì lại có những cách chia mô hình da đầu khác nhau, do đó phải thiết kế lại mô hình 3D (khó khăn trong thiết kế - so với thiết kế trong 2D).

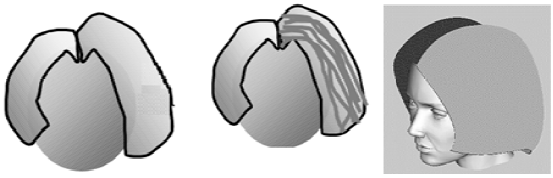
+ Không phù hợp cho ứng dụng trong ngành công nghiệp giải trí, vì khó khăn trong việc thiết kế các kiểu tóc khác nhau.

+ Mô hình tóc kết quả không đảm bảo trơn và liên tục, tạo ra vết răng cưa do không sử dụng nội suy điểm còn lại và xử lý các vùng tiếp giáp.

Ngoài ra, so với các kết quả trong các công trình [6] và [8], kết quả theo đề xuất của bài báo có ưu điểm hơn hẳn về mặt chất lượng mô hình tóc, vì bài báo có đề xuất các kỹ thuật nội suy các điểm ràng buộc trong vùng tóc và xử lý các vùng tiếp giáp giữa các ảnh tóc. Điều này dẫn đến kết quả tóc sẽ đảm bảo trơn hơn và liên tục. Trong khi đó, các phương pháp trong các công trình [6] và [8] không đề cập tới việc nội suy các điểm ràng buộc và xử lý vùng tiếp. Điều này dẫn đến kết quả tóc không đảm bảo được trơn và liên tục, vẫn tạo ra những vùng răng cưa tại các vị trí tiếp giáp giữa các ảnh tóc (Hình 12).

Mặt khác, phương pháp đề xuất của bài báo thuận tiện cho quá trình ánh xạ từ các tóc 2D lên các vùng da đầu 3D vì tóc được ánh xạ trực tiếp lên các vùng da đầu 3D. Trong khi đó, các phương pháp trong các công trình [6] và [8], khó khăn hơn trong quá trình ánh xạ từ các ảnh tóc 2D lên da đầu, vì các ảnh tóc sẽ phải ánh xạ lên bề mặt các lớp đệm (thể hiện kiểu mỗi vùng

tóc) chứ không phải ánh xạ trực tiếp lên bề mặt da đầu (Hình 12).



Kết quả tóc của Kim và Neumann [6]

Kết quả tóc của Liang và Huang [8]

Hình 12. Một số hình ảnh mô phỏng tóc trong các công trình [6,8]

V. KẾT LUẬN

Tóc là một trong những thành phần quan trọng trên nhân vật con người ảo, việc mô phỏng tóc mà thể hiện được tính chất chân thực của tóc là góp phần vào việc xây dựng các hệ thống thực tại ảo nói chung và con người ảo nói riêng. Tóc là đối tượng phức tạp với số lượng lớn lên tới hàng trăm nghìn sợi trên mỗi con người. Vì vậy, trong quá trình mô phỏng tóc yêu cầu không những phải đảm bảo chất lượng mô hình tóc mà còn đòi hỏi phải đảm bảo thời gian thực và nâng cao hiệu quả mô phỏng.

Bài báo đã đề xuất một thuật toán mô phỏng tóc dạng khối dựa vào đề xuất phân chia mô hình da đầu thành sáu vùng theo y học và sử dụng kỹ thuật ánh xạ để biểu diễn các ảnh tóc trên các vùng da đầu tương ứng dựa vào các cặp điểm điều khiển. Đồng thời, bài báo cũng đã đề xuất kỹ thuật nội suy các điểm còn lại và các vùng tiếp giáp dựa vào véctơ pháp tuyến để đảm bảo cho mô hình tóc kết quả được trơn và liên tục.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] NGUYỄN QUAN QUYỀN, PHẠM ĐĂNG DIỆU, *Atlas-Giải phẫu người*, NXB Y học, 1997.

[2] FRANK H. NETTER, MD, SHARON COLACINO, Ph.D. Consulting Editor, *Atlas of Human Anatomy*, Ciba. Geigy Corparation Summit, New Iersey, 1991.

[3] YOSUKE BANDO, BING-YU CHEN, TOMOYUKI NISHITA, *Animating Hair with Loosely Connected Particles (LCP)*, EUROGRAPHICS 2003/P. Brunet and D. Fellner, Volume 22(2003), No. 3.

[4] D. GIBBS, CARLOS, DAVID A.HART, *Modeling hair using interpolation and clumping in an iterative process*, Pacific Data Images LLC (Redwood City, CA), 2008.

[5] C. K. KOH AND Z. HUANG, *Real-time animation of human hair modeled in strips*, Computer Animation and Simulation, Springer-Verlag, pages 101–110, 2000.

[6] YONG KIM and ULRICH NEUMANN, *A Thin Shell Volume for Modeling Human Hair*, Computer Graphics and Immersive Technology Laboratory, Integrated Media Systems Center, University of Southern California, 2002.

[7] CHIA-YING LEE, WEI-RU CHEN, EUGENIA LEU, MING OUHYOUNG, *A Rotor Platform Assisted System for 3D Hairstyles*, Proc. WSCG 2002 (the 10th International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision'2002) , Plzen, Czech Republic, February 2002.

[8] TAE-W. LIANG and Z. HUANG, *An enhanced framework for real-time hair animation*, in Pacific Graphics Conference on Computer Graphics and Applications, October 2003.

[9] K. WARD, F. BERTAILS, KIM, ARSCHNER, CANI, MING C.LIN, *A Survey on Hair Modeling: Styling, Simulation and Rendering*, University of North Carolina at Chapel Hill. 2007.

[10] NGUYỄN VĂN HUÂN, PHẠM VIỆT BÌNH, *Biểu diễn các vùng tóc trên các vùng da đầu tương ứng dựa vào trường vectơ*, chuyên san Các công trình nghiên cứu và triển khai Công nghệ Thông tin và Viễn thông, Tạp chí Bưu chính viễn thông & Công nghệ Thông tin, Tập 24, Số 4, 2010, 5-14.

[11] JAMES D.FOLEY, ANDRIES VAN DAM, FEINER, JOHN HUGHES, *Computer Graphics*, Principle and Practice. Addision Wesley, NewYork, 1996.

Nhận bài ngày: 24/06/2013

SƠ LƯỢC VỀ TÁC GIẢ

NGUYỄN VĂN HUÂN

Sinh năm 1979 tại Hà Nội.

Năm 2003, nhận bằng cử nhân ngành Hệ thống thông tin Kinh tế tại Trường Đại học Kinh tế Quốc dân Hà Nội. Nhận bằng Thạc sỹ chuyên ngành Khoa học máy tính năm 2007, bằng Tiến sỹ tại Viện CNTT, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam năm 2013.

Hiện đang công tác tại Trường Đại học CNTT và Truyền thông – Đại học Thái Nguyên.

Hướng nghiên cứu: Thực tại ảo, Xử lý ảnh, Hệ thống thông tin Kinh tế (Ứng dụng CNTT vào các hoạt động kinh tế xã hội).

Email: nvhuan@ictu.edu.vn

PHẠM VIỆT BÌNH

Sinh năm 1955 tại Thái Nguyên.

Năm 2007, nhận bằng Tiến sỹ tại Viện CNTT, Viện Hàm lâm KH&CN Việt Nam.

Hiện đang công tác tại Trường Đại học CNTT và Truyền thông – Đại học Thái Nguyên.

Hướng nghiên cứu: Xử lý ảnh, Mạng máy tính và Truyền thông.

Email: pvbinh@ictu.edu.vn.