

상호대화식 매팅과 모발 컬러 매핑을 이용한 2D 가상 컬러 헤어스타일러

김도연*, 박정원*, 곽노윤*
*백석대학교 정보통신학부
e-mail: nykwak@bu.ac.kr

2D Virtual Color Hairstyler Using Interactive Matting and Hair Color Mapping

Doyeon Kim*, Jeongwon Park*, Noyoon Kwak*

*Division of Information and Communication Engineering, Baekseok University

요 약

본 논문은 사용할 수 있는 헤어스타일의 수가 제한되는 문제를 해결하기 위한 것으로, 상호대화식 매팅을 이용한 2D 가상 컬러 헤어스타일러에 관한 것이다. 사전에 준비된 그래픽 헤어스타일 외에도 원하는 헤어스타일을 보유한 2D 실사 영상으로부터 상호대화식 매팅 기술을 사용하여 헤어스타일을 분리·추출한 후, 영상 간 픽 앤 드롭(pick-and-drop) 방식으로 옮겨와 두상에 부착한 다음, 필요시 헤어스타일의 컬러도 자유롭게 변경할 수 있는 기능을 제공함으로써 저비용으로 활용 가능한 헤어스타일의 수를 증대시킬 수 있다. 이때 헤어스타일의 분리·추출은 사용자가 전경 객체의 개략적 윤곽을 그려줌에 따라 점중적으로 알파 맵트를 계산하는 상호대화식 매팅 기술을 사용한다. 그리고 헤어스타일의 컬러 변경은 명도 차분 맵(intensity difference map)에 기반한 모발 컬러 매핑 기술을 사용한다. 제안된 방법은 직관적이고 편리한 상호대화식 사용자 인터페이스를 제공하기 때문에 작업자의 피로도를 경감시킴과 동시에 작업 시간을 단축할 수 있고 비숙련자도 간단한 사용자 입력을 통해 자연스러운 가상 헤어스타일을 생성할 수 있는 장점이다.

1. 서론

컴퓨터 시뮬레이션을 통한 자연스러운 헤어스타일 생성은 컴퓨터 그래픽스와 애니메이션 분야의 오랜 연구 주제가 되고 있는데, 인간의 헤어스타일과 매우 흡사한 외형과 특성을 제공하는 우수한 연구 결과들[1-7]이 다수 제안되어 있다. 특히 ‘디지털 캐릭터(digital character)’를 넘어 ‘디지털 액터(digital actor)’로의 전환을 지향하는 최근의 3D 컴퓨터 애니메이션 분야의 발전 추세를 감안할 때, 인간 모발의 정적·동적 특성을 반영하는 디지털 헤어스타일의 생성 작업은 비교적 난이도가 높은 분야임에도 불구하고 가까운 시일 내에 매우 높은 수준의 완성도를 달성할 것으로 기대된다.

그러나 현재 이러한 디지털 헤어스타일의 생성은 그 과정의 대부분을 난해한 수작업에 의존하기 때문에 작업 시간이 많이 소요될 뿐만 아니라 고가의 컴퓨터 그래픽스 플랫폼과 응용 소프트웨어가 필요하고 또한 고도로 숙련된 작업자에 절대적으로 의존하는 난제가 있다.

한편, 최근 들어 가발 업계와 미용 업계를 중심으

로 PC나 웹 기반 환경에서 2D 인물사진과 미리 준비된 2D 그래픽 헤어스타일을 합성하여 상대적으로 간편하게 예상 헤어스타일을 생성하는 가상 헤어스타일 생성 서비스가 속속 도입되고 있다. 가발 업계로 유명한 (주)하이모의 가상 헤어스타일 생성 서비스인 ‘Hi-MO Virtual Hair System’[8]의 경우, 인터넷을 통해 자신의 사진을 전송한 후, 별도의 통보 시스템을 통해 최종 결과 헤어스타일을 제공하는 서비스 방식을 채택하고 있다. 미국 Demkin Technologies의 ‘Salon Style Pro’[9], 브라질 Visual Music Software의 ‘Hair Pro 2008’[10]은 오프라인상에서, 그리고 한국 (주)뷰티비지의 ‘헤어코디 4.0’[11] 및 일본 아데랑스의 헤어트라이(Hairtry)[12]는 온라인상에서 GUI 환경에서 2D 인물사진을 불러오기한 후, 미리 준비된 복수의 2D 그래픽 헤어스타일들 중에서 원하는 헤어스타일을 선택한 다음에 이를 인물 사진에 어울리도록 사용자 입력을 통해 정렬시켜 그 결과를 확인할 수 있는 방식을 사용하고 있다. Salon Style Pro, Hair Pro 2008, (주)뷰티비지의 헤어코디 2.0, 아데랑스의 헤어트라이 등은 비교적 편리한 사용자 인터페이스를 제공하는 반면에 가상적

으로 생성할 수 있는 헤어스타일의 유형이 사전에 준비된 그래픽 헤어스타일로 국한되는 단점이 있다.

제안된 2D 가상 컬러 헤어스타일러는 사용할 수 있는 헤어스타일의 수가 제한되는 문제를 해결하기 위한 것이다. 사전에 준비된 그래픽 헤어스타일 외에도 원하는 헤어스타일을 보유한 2D 실사 영상으로부터 상호대화식 매칭 기술을 이용하여 헤어스타일을 분리·추출한 후, 영상 간 픽 앤 드롭(pick-and-drop) 방식으로 옮겨와 두상에 부착한 다음, 필요시 헤어스타일의 컬러도 자유롭게 변경할 수 있는 기능을 제공함으로써 저비용으로 활용 가능한 헤어스타일의 수를 증대함에 그 목적이 있다.

인간의 모발, 모피 동물의 털, 식물의 솜털 등과 같이 애매모호한 윤곽 형상을 갖고 있는 객체는 이진 분할(binary segmentation) 기술만을 이용해서는 완벽한 분할이 불가능하다. 따라서 모발과 같이 난해한 전경 객체를 대상으로 고품질 매트를 추출하기 위해서는 상호대화식 인터페이스에 기반한 강건한 매칭 알고리즘의 도입이 필요하다.

제안된 방법에서 헤어스타일의 분리·추출은 사용자가 전경 객체의 개략적 윤곽을 그려줌에 따라 점증적으로 알파 매트를 계산하는 상호대화식 매칭 기술[13]을 사용한다. 그리고 헤어스타일의 컬러 변경은 명도 차분 맵(intensity difference map)[14]에 기반한 모발 컬러 매핑 기술을 사용한다. 제안된 방법은 직관적이고 편리한 상호대화식 사용자 인터페이스를 제공하기 때문에 작업자의 피로도를 경감시킴과 동시에 작업 시간을 단축할 수 있고 비숙련자도 간단한 사용자 입력을 통해 자연스러운 가상 헤어스타일을 생성할 수 있는 장점이다.

2. 제안된 2D 가상 컬러 헤어스타일러

제안된 방법은 크게 상호대화식 매칭[13]에 기반한 픽 앤 드롭(pick-and-drop) 단계와 모발 컬러 매핑(hair color mapping) 단계로 구성되어 있다. 우선, 픽 앤 드롭 단계에서는 헤어스타일을 변형하고 싶은 특징인 혹은 특정 캐릭터가 담긴 원본 모델 영상을 선택한 후, 원하는 헤어스타일을 갖고 있는 또 다른 영상을 입력 받아 상호대화식 매칭을 통해 모발 형상을 추출한다. 이렇게 추출한 모발 형상을 영상 간 픽 앤 드롭(pick-and-drop) 방식으로 집어서 원본 모델 영상 내로 옮겨 놓은 다음에 기하 변환을 통해 원본 모델 영상 내의 특징인 또는 특정 캐릭터의 두

상에 어울리도록 정렬하고 조정함으로써 헤어스타일이 변형된 영상을 획득할 수 있다. 이 헤어스타일의 컬러를 변경하고 싶을 경우, 모발 컬러 매핑 단계에서는 그래픽 사용자 인터페이스 상에서 사용자 입력을 통해 명도 차분 맵(intensity difference map)[14]에 기반한 모발 컬러 매핑 기술을 이용하여 원하는 컬러로 변경할 수 있다.

2.1 헤어스타일의 픽 앤 드롭(pick-and-drop)

그림 1은 헤어스타일의 픽 앤 드롭 과정을 예시한 것이다.



(a) 원본 모델 영상 (b) 헤어 추출 영상



(c) 픽 앤 드롭(pick-and-drop)

[그림 1] 헤어스타일의 픽 앤 드롭 과정

우선, 헤어스타일을 변형하고 싶은 특징인 혹은 특정 캐릭터가 담긴 원본 모델 영상(그림 1(a))을 선택한다. 이후, 원하는 헤어스타일을 갖고 있는 또 다른 영상인 헤어 추출 영상(그림 1(b))을 입력 받아 상호대화식 매칭 기술을 이용하여 모발 형상을 추출한다. 혹은 사전에 준비된 그래픽 객체 형태의 헤어스타일들 중에서 원하는 모발 형상을 선택한다.

다음으로, 이렇게 추출하거나 선택한 모발 형상을 그림 1(c)와 같이 영상 간 픽 앤 드롭(pick-and-drop) 방식으로 집어서(pick) 원본 모델 영상 내로 옮겨 놓는다(drop).



이후, 이동(그림 2(a)), 회전(그림 2(b)), 크기조절(그림 2(c)), 투명도 조절(그림 2(d)), 반사 등과 같은 기하 변환을 통해 원본 모델 영상 내의 특징인 또는 특정 캐릭터의 두상에 어울리도록 정렬하고 조정함으로써 그림 3과 그림 4와 같이 헤어스타일이 변경된 영상을 획득할 수 있다.



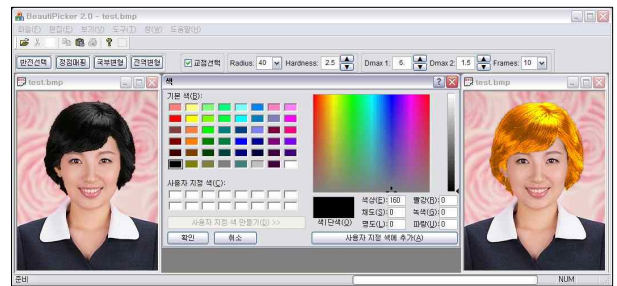
[그림 3] 픽 앤 드롭 과정을 적용한 처리 결과(I)



[그림 4] 픽 앤 드롭 과정을 적용한 처리 결과(II)

2.2 명도 차분 맵을 이용한 모발 컬러 매핑

모발 모델 영상의 모발 형상 영역에 가상적으로 매핑할 모발 컬러가 그림 5와 같은 GUI상에서 사용자 입력이나 시스템 입력을 통해 선택된다. 이어서 명도 차분 맵[14]에 소정의 반영 비율을 곱한 값과 이 모발 컬러의 명도 성분값을 대응되는 화소단위로 합산한다. 이후, 모발 모델 영상 내 모발 형상 영역의 명도 성분값을 합산 결과값으로 대체하고, 모발 형상 영역 내 채도 성분값과 색상 성분값은 화소단위로 대응되는 상기 선택된 직물 컬러의 채도 성분값과 색상 성분값으로 대체함으로써 모발 컬러를 변경한다.



[그림 5] 명도 차분 맵을 이용한 모발 컬러 매핑 과정

제안된 방법의 모발 컬러 매핑 과정을 좀 더 상세하게 설명하면 다음과 같다.

우선, 원본 모델 영상을 HSI 컬러 모델로 변환하여 명도 성분 영상 I (intensity)을 산출한다. 이후, 식 (3)과 같이 원본 모델 영상의 명도 성분 영상 $I(x, y)$ 에서 모발 형상 영역의 평균 명도값 $I_{k_{avg}}$ 를 계산한 후, 모발 형상 영역에 포함된 각 화소의 명도값에서 평균 명도값 $I_{k_{avg}}$ 을 감산하여 명도 차분 맵 $I_{k_{dm}}(x, y)$ 을 산출한다.

$$I_{k_{avg}} = \frac{1}{A_k} \sum_{(x, y) \in R_k} I(x, y) \quad (3)$$

$$\text{where } A_k = \sum_{(x, y) \in R_k} 1$$

식 (4)는 원본 모델 영상에서 추출한 모발 형상 영역의 명도 차분 맵 $I_{k_{dm}}(x, y)$ 를 나타낸 것이다. 식 (3)과 식 (4)에서 x 및 y 는 각 모발 형상 영역 R_k 에 포함된 화소의 수평 좌표 및 수직 좌표를 가리키는 것이다. A_k 는 해당 모발 형상 영역의 화소수를 의미하는 것으로, 여기서 k 는 모발 형상 영역이 다수의 영역으로 구성되어 있을 시에 이를 인덱싱하기 위한 변수이다.

$$I_{k_{dim}}(x, y) = I(x, y) - I_{k_{avg}} \quad \text{for } (x, y) \in R_k \quad (4)$$

이어서, 사용자 입력이나 시스템 입력을 통해 원본 모델 영상의 모발 형상 영역에 가상적으로 매핑시키고 싶은 모발 컬러가 선택되면, 식(5)과 같이 '명도 차분 맵에 소정의 반영 비율 s_k 을 곱한 값'과 '모발 컬러의 명도 성분값'을 각 화소별로 합산한다. 이후 합산 결과값으로 원본 모델 영상 내 모발 형상 영역의 명도 성분값을 대체한다. 한편, 모발 형상 영역 내 채도 성분값과 색상 성분값은 각각 모발 컬러의 채도 성분값과 색상 성분값으로 대체함으로써 모발 컬러 매핑을 모두 수행한다.

$$\left(\begin{array}{l} I_k''(x, y) = I'(x, y) + s_k I_{k_{dim}}(x, y) \\ S_k''(x, y) = S'(x, y) \\ H_k''(x, y) = H'(x, y) \end{array} \right) \quad \text{for } (x, y) \in R_k \quad (5)$$

소정의 반영 비율 s_k 는 식 (6)와 같이, 식 (3)에서 구한 모발 형상 영역의 평균 명도값 $I_{k_{avg}}$ 로, 모발 컬러 명도값 I'_k 을 나눈셈한 후에 자연로그를 취한 값과 소정의 가상 상수 α 를 합산하여 산출한다. 제안된 방법에서 가상 상수 α 는 2.5를 사용하였다.

$$s_k = \alpha + \ln\left(\frac{I'_k}{I_{k_{avg}}}\right) \quad (6)$$

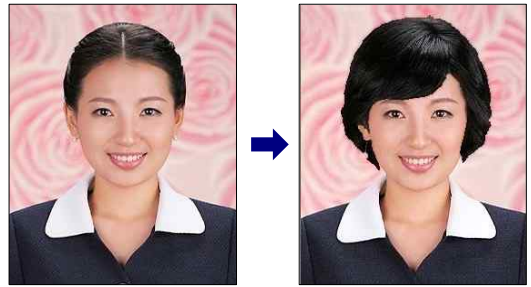
3. 실험 결과 및 고찰

제안된 2D 가상 컬러 헤어스타일러의 타당성과 보편성을 평가하기 위해, Intel Core 2 Duo 2.16GHz(2GB RAM) 랩탑에서 Microsoft Visual C++.NET 2005를 사양한 시험 영상을 대상으로 제안된 방법에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 제안된 2D 가상 컬러 헤어스타일러의 프로그램 명칭은 'BeautiPicker(뷰티피커)'로서 '미용실'을 의미하는 'Beauty Salon'의 'Beauti'와 '따오다'의 의미를 가진 'Picker'의 합성어이다.



[그림 6] 제안된 시스템(BeautiPicker)의 초기 실행화면

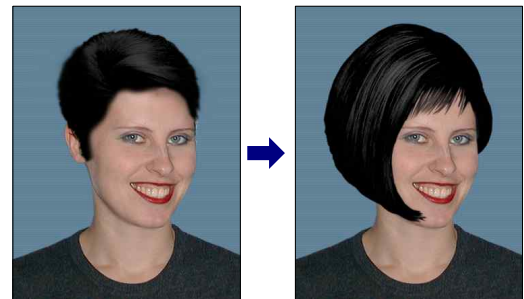
가상 컬러 헤어스타일러는 그 특성상 공인된 정량적 평가 방법이 부재한 바, 불가피하게 주관적 평가에 의존하는 것이 일반적이다. 그림 7~그림 9는 헤어스타일의 픽 앤 드롭 과정을 적용한 결과들을 예시한 것이다. 이러한 영상 간 픽 앤 드롭 (pick-and-drop) 기능을 이용함으로써 저비용으로 활용 가능한 헤어스타일의 수를 증대시킬 수 있음을 확인할 수 있다.



[그림 7] 픽 앤 드롭 과정을 적용한 결과 영상(I)



[그림 8] 픽 앤 드롭 과정을 적용한 결과 영상(II)



[그림 9] 픽 앤 드롭 과정을 적용한 결과 영상(III)

제안된 방법에서 상호대화식 매칭 특성은 자연스럽고 사실적인 모발 컬러 매핑 결과에 결정적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 제안된 방법의 근간이 된다. 그러나 지금까지 다수의 매칭 알고리즘이 제안되어 있지만 2차원 영상의 특징상, 배경의 복잡도나 대비도와 무관하게 원하는 모발 객체를 자동으로 완벽하게 추출할 수 있는 상호대화식 매칭 기술은 존재하지 않는다. 따라서 제안된 방법은 이미 모발 영역의 형상 윤곽을 사전에 알고 있거나 또는 블루 스크린과 같은 매우 단순한 배경 위에 전경이 존재하는 모발 모델 영상을 이용할 경우에 좀 더 양호한 결과를

얻을 수 있다. 그렇지만 전자 모발 카탈로그나 패션 잡지 등에서 사용하는 통상의 모발 모델 영상의 경우, 비교적 양호한 조명 조건과 단순한 배경에서 촬영하는 경우가 많기 때문에 사용자 입력을 부분적으로 사용하는 상호대화식 매핑 기법을 적절하게 적용하면 비교적 실용적이면서도 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

그림 10~그림 12는 모발 컬러 매핑을 적용한 결과 영상들을 나타낸 것이다. 각 그림에서 좌상단의 영상이 컬러 변경 전의 영상이고, 나머지 영상은 모발 컬러 매핑을 적용한 결과 영상들이다.



[그림 10] 모발 컬러 매핑을 적용한 결과 영상들(I)



[그림 11] 모발 컬러 매핑을 적용한 결과 영상들(II)



[그림 12] 모발 컬러 매핑을 적용한 결과 영상들(III)

전체적으로 자연스럽게 사실적인 컬러 매핑 결과를 획득함을 알 수 있다. 기존 기술에도 모발 컬러를 변경할 수 있는 다양한 방법들이 존재하지만, 원본 모델 모발의 컬러나 명도에 매우 의존적인 결과를 제공한다. 그러나 제안된 모발 컬러 매핑의 장점은 원본 모델 모발의 컬러나 명도에 무관하게 적용할 수 있는 것이 장점이다.

4. 결 론

본 논문에서는 2D 가상 컬러 헤어스타일러에 있어서 상호대화식 매핑에 기반한 픽 앤 드롭 과정과 모발 컬러 매핑을 이용하여 가상 헤어스타일을 생성하는 방법을 제안하였다.

제안된 방법은 사전에 준비된 그래픽 객체 외에도 실사 영상에서 직접 추출한 헤어스타일을 사용할 수 있고, 추출한 헤어스타일 외에도 다양한 컬러의 헤어스타일로 변경할 수 있는 이점이 있다. 이러한 기능을 제공함으로써 사용할 수 있는 헤어스타일의 수가 제한되는 문제를 부분적으로 해결할 수 있었다.

또한, 직관적이고 편리한 사용자 인터페이스를 제공할 수 있기 때문에 작업자의 피로도를 경감시킴과 동시에 작업 시간을 단축할 수 있고 비숙련자도 간단한 사용자 입력을 통해 자연스러운 가상 헤어스타일을 생성할 수 있는 것이 특징이다. 또한 고사양의 컴퓨터 시스템을 요구하지 않기 때문에 보급 비용이 저렴하고 인터넷 환경이나 모바일 환경에서도 용이하게 구현할 수 있는 장점이 있다.

제안된 가상 헤어스타일 생성 방법은 가발 업계뿐만 아니라 컴퓨터 애니메이션, 게임 캐릭터 및 게임 응용, 인터넷 아바타, 미용실 및 이용실의 예상 헤어스타일 생성 서비스 등의 분야에서 광범위한 활용 분야를 찾을 수 있다. 제안된 가상 컬러 헤어스타일러를 관련 분야에 적용할 경우, 응용 콘텐츠 창출의 저비용화와 고품질화를 기대할 수 있고 관련분야에 대한 다양한 기술적 파급효과를 유발시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 당 분야 응용 소프트웨어에 대한 사용자 만족도를 향상시킬 수 있고, 기 개발된 기존의 제품군에 적용하여 조기에 상품화를 실현할 수 있을 것으로 기대된다.

그러나, 제안된 방법은 처리할 수 있는 영상에 다양한 제약 조건이 존재한다. 향후 이러한 문제를 단계적으로 해결하기 위한 연구가 추가적으로 진행될 필요가 있다.

향후 제안된 방법에 대한 성능 개선이 있을 경우, 디지털 특수효과, 2D/3D 가상 헤어스타일 시뮬레이션 기술, 2D/3D 가상 사이버 패션 기술, 사이버 캐릭터 생성, 2D/3D 애니메이션의 저작, DTV 콘텐츠 저작, 사용자 친화형 아이콘 제작 분야의 기존 기술을 점진적으로 대체할 수 있을 것으로 예측된다.

참고문헌

- [1] 김진수, 이두원, 고행석, "자연스러운 머리카락 모델링 및 애니메이션", 컴퓨터그래픽스학회논문지, 제5권, 제1호, pp. 35-46, 1999.
- [2] 최병원, 고행석, "파라미터 기반 머리카락 모델링 기법", 2004년 컴퓨터그래픽스학회 춘계학술대회논문집, pp. 123-129, 2004.
- [3] B. Choe, *Statistical Approaches for Synthesizing Realistic Face and Hair*, Ph. D. thesis, Seoul National University. Feb. 2004.
- [4] S. Hadap and N. Magnenat-Thalmann, "Interactive Hairstyler Based on Fluid Flow", *Computer Animation and Simulation 2000*, pp. 87-99, Aug. 2000.
- [5] T. Kim and U. Neumann, "A Thin Shell Volume for Modeling Human Hair", *Computer Animation 2000*, pp. 104-111, May 2000.
- [6] K. Ward and M. C. Lin, "Adaptive Grouping and Subdivision for Simulating Hair Dynamics", *Pacific Conference on Computer Graphics and Applications*, 2003.
- [7] Y. Watanabe and Y. Suenaga, "A Trigonal Prism-based Method for Hair Image Generation", *IEEE Computer Graphics and Applications*, 12(1):47-53, Jan. 1992.
- [8] (주)하이모, <http://www.himo.co.kr>, Hi-MO Virtual Hair System, 2004.
- [9] (주)뷰티비지, <http://www.haircody.co.kr>, 헤어코디 4.0, 2007.
- [10] Demkin Technologies, <http://www.salonstyler.com>, Salon Styler Pro, 2007.
- [11] Visual Music Software, <http://www.visualmusic.com>, Hair Pro 2008, 2007.
- [12] 아데랑스(Aderans), <http://www.hairtry.jp>, 헤어트라이(Hairtry), 2008.
- [13] Jue Wang, Maneesh Agrawala, Michael F. Cohen, "Soft Scissors : An Interactive Tool for Realtime High Quality Matting", *SIGGRAPH 2007*, 9:1-9:6, Aug. 2007.
- [14] 이은환, 광노윤, "2D 가상 착의 시스템의 컬러 영상 분할 및 직물 텍스처 매핑", 정보과학회논문지 :시스템 및 이론, 제35권, 제5호, pp. 213-222, 2008. 6.