

스키니 스머지 툴을 이용한 2D 가상 컬러 헤어스타일러 2D Virtual Color Hairstyler with Skinny Smudge Tool

곽노윤

백석대학교 정보통신학부

Noyoon Kwak

Division of Information and Communication
Engineering, Baekseok University

요약

본 논문은 스킨니 스머지 툴을 이용한 2D 가상 컬러 헤어스타일러에 관한 것이다. 스머지 툴(smudge tool)은 어도비 포토샵에 내장된 대중적인 그래픽 툴로서 물감을 화폭 상에 문질러서 흐려지게 할 시에 이용된다. 그 효과는 지두화법과 매우 유사하다. 스머지 툴은 스머지 아이콘을 클릭한 다음에 화폭 위를 클릭한 후, 마우스 버튼을 누른 상태에서 번짐 효과를 주고 싶은 방향으로 끌어당김으로써 그 기능을 이용할 수 있다. 그러나 기존의 스머지 툴은 마스터 직경 내의 모든 화소값을 블렌딩시켜 목표 영상을 생성함에 따라 원하지 않는 부위의 화소마저도 변형시키는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하고자 본 논문에서는 마스터 형상 분할에 기반한 스킨니 스머지 툴(skinny smudge tool)을 제안하고자 한다. 제안된 스킨니 스머지 툴은 컬러 영상 분할에 통해 윤곽 형상에 밀착된 마스터 형상을 추출함에 따라 배경에 관계없이 변형하고 싶은 부분에만 번짐 효과를 적용시킬 수 있는 장점이 있다.

Abstract

This paper is related to a 2D virtual color hairstyler using skinny smudge tool. The smudge tool is the popular graphic tool embedded in Adobe Photoshop. The smudge tool is used to smear paint on your canvas. The effect is much like finger painting. You can use the smudge tool by clicking on the smudge icon and clicking on the canvas and while holding the mouse button down, dragging in the direction you want to smudge. A disadvantage of previous smudge tool is to also smear pixels in the undesired region according to generating the target image as blending all pixels in a diameter of the master. In this paper to reduce the disadvantage, the skinny smudge tool based on the image segmentation for a master shape is proposed. The proposed skinny smudge tool has the advantage of applying the smudge effect to the desired regions regardless of the background as the master shape adhered closely to the contour shape is extracted by color image segmentation.

I. 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 특성

을 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 중심으로

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 오프라인 상에서, 그리고 한국 (주)뷰티비지의 '헤어코디 4.0' [11] 및 일본 아데랑스의 헤어트라이(Hairtry)[12]는 온라인 상에서 GUI 환경에서 2D 인물사진을 불러오기한 후, 미리 준비된 복수의 2D 그래픽 헤어스타일들 중에서 원하는 헤어스타일을 선택한 다음에 이를 인물사진에 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 가상적으로 생성할 수 있는 헤어스타일의 유형이 사전에 준비된 그래픽 헤어스타일들로 국한되는 단점이 있다.

또한 원본 모델 영상에서 모발 영역이 얼굴 영역을 너무 많이 덮고 있거나 가리고 있을 경우엔 새로운 헤어스타일을 착용시키더라도 이전의 모발 영역이 밖으로 노출되어 자연스러운 결과를 얻을 수 없다. 이로 인해 사용 가능한 원본 모델 영상의 유형이 단발머리, 올림머리, 엷음머리와 같이 얼굴선이나 목선이 가능한 많이 노출된 모델 영상이나 혹은 두상에 수염모나 헤어밴드를 의도적으로 착용하여 업 스타일(up style)을 연출한 모델 영상 등으로 제한받는 불편함이 있다.

제안된 방법은 사용 가능한 원본 모델 영상이 얼굴선이나 목선이 가능한 많이 노출된 영상으로 제한 받는 불편함을 해소함에 그 목적이 있다.

이와 같은 목적을 달성하고자 제안된 방법은 본 연구진이 이미 제안한 2D 가상 컬러 헤어스타일러[13]의 기능을 확장한 것으로, 원본 모델 영상에 마스터 형상 분할에 기반한 스킨니 스머지 틀을 적용하여 사용자 입력으로 얼굴선이나 목선이 가능한 많이 노출되도록 스머지 블렌딩을 수행하여 모발 외부 영역이 확장된 결과를 제공함으로써 사용가능한 원본 모델 영상의 유형을 다

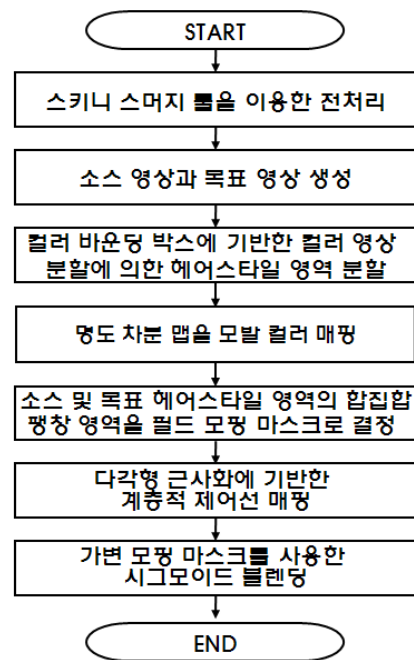
양화한 것이 특징이다.

제안된 방법은 직관적이고 편리한 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.

II. 제안된 2D 가상 컬러 헤어스타일러

1. 개요

그림 1은 제안된 2D 가상 컬러 헤어스타일러의 순서도를 나타낸 것이다.



▶▶ 그림 1. 제안된 2D 가상 컬러 헤어스타일러의 순서도

- 스킨니 스머지 틀을 이용한 전처리: 우선, 헤어스타일을 변형하고 싶은 특징인 혹은 특정 캐릭터가 담긴 원본 모델 영상(그림 2의 첫 번째 영상)을 선택하여 입력받는다. 또한 원하는 헤어스타일을 갖고 있는 또 다른 영상인 모발 추출 영상(그림 2의 두 번째 영상)을 입력받는다.

원본 모델 영상에서 모발 영역이 얼굴 영역을 너

무 많이 덮고 있거나 가리고 있는 것으로 판단될 경우, 2절에서 후술할 스킨니 스머지 툴(skinnny smudge tool)을 이용하여 사용자 입력에 따라 얼굴 선이나 목선이 가능한 많이 노출되도록 스머지 블렌딩을 수행하여 모발 외부 영역이 확장된 모델 영상(그림 2의 세 번째 영상)을 얻는다.

다음으로, 모발 추출 영상(그림 2의 두 번째 영상)으로부터 컬러 바운딩 박스(color bounding box)에 기반한 컬러 영상 분할[13]을 통해 헤어스타일을 분리추출한 후, 모발 외부 영역이 확장된 모델 영상(그림 2의 세 번째 영상) 내로 옮겨 놓은 다음에 기하 변환을 통해 원본 모델 영상 내의 특징인 또는 특정 캐릭터의 두상에 어울리도록 정렬하고 조정함으로써 헤어스타일이 변경된 모델 영상(그림 2의 네 번째 영상)을 얻는다.



▶▶ 그림 2. 스킨니 스머지 툴을 이용한 전처리 과정

이후의 처리 과정은 본 연구진이 이미 제안한 2D 가상 컬러 헤어스타일러[13]과 동일한 처리 과정으로 구성된다.

- **모발 형상 분할:** 시뮬레이션의 편의상 헤어스타일 변경 후 영상을 '소스 영상(source image)'으로 삼고 헤어스타일 변경 전의 원본 모델 영상을 '목표 영상(destination image)'으로 삼는다. 이어서 컬러 바운딩 박스에 기반한 컬러 영상 분할[14]을 통해 목표 영상과 소스 영상에서 각각 헤어스타일 변형 전후의 모발 윤곽선을 추출한다.
- **모발 컬러 매핑:** 분할된 모발 형상 영역의 명도 차분 맵(intensity difference map)[15]에 기반하여, 사용자가 선택한 새로운 모발 컬러를 소스 영상의 모발 형상 영역에 매핑한다. 이것은 모델 모발의 컬러나 명도에 관계없이, 선택된 모발 형상 영역의 음영 및

조명 특성을 유지하면서 모발 컬러를 가상적으로 변경시킬 수 있다.

- **반자동 필드 모핑:** 다음으로, 추출된 모발 윤곽선에 대한 다각형 근사화에 기반한 계층적 제어선 매핑[16]을 통해 획득한 제어선 쌍들을 이용하여 소스 제어선으로부터 목표 제어선까지 점진적으로 변해가는 다수의 중간 프레임들을 생성하는 반자동 필드 모핑을 수행한다. 제안된 방법은 반자동 필드 모핑을 수행할 시, 모발의 변형을 따라 단계적으로 모양이 변하는 가변 모핑 마스크를 사용함으로써 변형 부위 이외의 영역들에 대해서는 왜곡을 최소화하는 지역적 변형 특성을 갖는다.
- **모핑된 모발 블렌딩:** 마지막으로, 원본 모델 영상과 각 프레임의 변형된 모발 부위 간에 가변 모핑 마스크를 기준삼아 시그모이드 블렌딩(sigmoid blending)을 수행함으로써 자연스러운 착용감을 제공하는 다수의 가상 컬러 헤어스타일들을 자동으로 생성한다.

결과적으로, 제안된 방법은 헤어스타일 변형 전부터 변형 후 사이에 존재할 수 있는 다수의 컬러 헤어스타일들을 열람한 후에 이들 중에서 원하는 것을 택할 수 있는 선택권을 부여할 수 있기 때문에 사용자 만족도를 효과적으로 제고시킬 수 있다.

2. 제안된 스킨니 스머지 툴

스머지 툴(smudge tool)은 손가락으로 문지른 듯한 번짐 효과를 발생시키는 것이 특징으로, 어도비 포토샵(Adobe Photoshop)[17]에 내장되어 있는 매우 대중적인 그래픽 툴이다. 어도비 포토샵의 스머지 툴은 물감을 화폭 상에 문질러서 흐려지게 할 시에 이용되는데, 그 효과는 지루화법과 매우 유사하다. 스머지 툴은 스머지 아이콘을 클릭한 다음에 화폭 위를 클릭한 후, 마우스 버튼을 누른 상태에서 번짐 효과를 주고 싶은 방향으로 끌어당김으로써 그 기능을 이용할 수 있다. 이 효과 툴은 번짐 효과를 이용하여 객체의 윤곽 형상을 변형하기 위한 용도로도 많이 사용된다. 이러한 특징으로 인해 3D 그래픽 소프트웨어인 리얼루전 아이클론(Reallusion iClone)[18]에도 채택되어 있다. 그림 3은 Adobe Photoshop CS2에서 두께 5화소의 선분에 원모양의 마스터 직경(master diameter)이 20 화소, 하드

니스(hardness)가 100%인 상태에서 밑에서 위쪽으로 먼지른 거리를 증가시키면서 단계적으로 스머징을 행한 결과이다.



▶▶ 그림 3. 선분의 스머징 결과

그림 3을 통해 알 수 있듯이 스머지 툴은 마스터의 이동 궤적으로 따라 마스터의 직경 내에 포함된 현 화소값들을 복사한 후, 다음 화소 위치에서 마스터에 포함된 화소들과 대응 위치의 화소들 간에 블렌딩을 수행하여 마스터 밑에 놓인 모든 화소값들을 블렌딩된 화소값들로 업데이트한다. 이후, 마스터의 내용도 이 블렌딩된 화소값으로 업데이트한 후, 한 화소의 이동 간격 단위로 이러한 블렌딩 과정을 반복하는 그래픽 툴이다. 기존의 스머지 툴은 마스터 직경 내의 모든 화소값을 블렌딩시켜 목표 영상을 생성함에 따라 원하지 않는 부위의 화소마저도 변형시키는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하고자 제안된 스키니 스머지 툴(skinny smudge tool)은 컬러 바운딩 박스(color bounding box)에 기반한 컬러 영상 분할에 통해 윤곽 형상에 밀착된 마스터 형상을 추출함에 따라 배경에 관계없이 변형하고 싶은 부분에만 변질 효과를 적용시킬 수 있다. 제안된 스키니 스머지 툴은 크게 마스터 형상 분할 단계와 스머지 블렌딩 단계로 구성되어 있다. 그림 4는 제안된 스키니 스머지 툴의 순서도이다.



▶▶ 그림 4. 제안된 스키니 스머지 툴의 순서도

2.1 마스터 형상 분할

컬러 영상 분할을 이용한 마스터 형상 분할 단계는 크게 3 단계로 구성되어 있다.

- **마스터 중심 지정 단계:** 사용자 입력을 통해 원하는 위치에 마스터의 중심 위치를 지정하면 기설정된 마스터 반경을 이용하여 정사각형 모양의 마스터 후보 영역을 지정한다.
- **영역 단순화 단계:** 마스터 후보 영역의 윤곽선 정보를 유지하면서 각 컬러 영상의 화소값 분포를 단순화시키기 위해 입력 영상의 R, G, B 성분을 대상으로 수리 형태학 연산(mathematical morphological operation)의 일종인 복원 기반 개방-폐쇄 연산(open-close by reconstruction)[19]을 적용한다.
- **영역 성장 단계:** 마스터 중심을 포함한 ± 2 블록을 표본 영역으로 삼아 이 표본 영역의 각 컬러 성분별 표준편차를 계산한다. 이후, 식 (1)과 같이 각 컬러 성분의 표준편차에 비례하는 범위로 결정된 바운딩 박스(bounding box)를 이용한다. 이 바운딩 박스를 기준삼아 컬러 성분값이 유사한 인접 화소를 병합하는 영역 성장(region growing) 과정에 의해 컬러 영상 분할을 수행한다[14]. 이렇게 추출한 분할 영역을 마스터 영역 m_i 으로 삼는다.

$$m_i = \begin{cases} 0 & \text{if } \left[|I_r(x,y) - \mu_r| > \frac{W_r}{2} \right] \vee \left[|I_g(x,y) - \mu_g| > \frac{W_g}{2} \right] \vee \left[|I_b(x,y) - \mu_b| > \frac{W_b}{2} \right] \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

for $I(x,y) \in M_i$, where $W_r = s\sigma_r + o$, $W_g = s\sigma_g + o$, $W_b = s\sigma_b + o$

식 (1)에서 $I_r(x,y)$, $I_g(x,y)$, $I_b(x,y)$ 는 마스터 후보 영역 M_i 내 입력 화소의 R, G, B 성분값이고, μ_r , μ_g , μ_b 는 각각 R, G, B 성분의 평균값이다. 그리고, σ_r , σ_g , σ_b 는 각각 5×5 표본 영역의 R, G, B 성분에 대한 표준편차이고, W_r , W_g , W_b 는 각각 바운딩 박스의 R축, G축, B축의 길이를 의미한다. 또한 s 및 o 는 각각 바운딩 박스의 길이를 계산할 시에 사용하는 스케일 인자(scale factor) 및 오프셋 인자(offset factor)이고, 기호 ' \vee '는 C언어의 논리 OR 연산자(logical OR operator)를 나타낸 것이다. 그림 4는 제안된 스키니 스머지 툴의 처리 과정을 나타낸 것이다.

2.2 스머지 블렌딩

스키니 스머지 툴은 마스터 영역의 이동 궤적을 따라 마스터 영역 내에 포함된 현 화소값들 $M(x_i, y_i)$ 을 복사한다. 이후, 마우스의 이동량($\Delta x, \Delta y$)만큼 움직인 다음 화소 위치에서 마스터 영역에 포함된 화소들 $M(x_i, y_i)$ 과 대응 위치의 화소들 $I(x_i + \Delta x, y_i + \Delta y)$ 간에 식 (2)와 같이 블렌딩을 수행하여 마스터 영역 밑에 놓인 모든 화소값들을 블렌딩된 화소값들 $r(x_i, y_i)$ 로 갱신한다. 이후, 마스터 영역의 내용도 이 블렌딩된 화소값으로 갱신한 후, 한 화소의 이동 간격 단위로 이러한 스머지 블렌딩 과정을 반복한다. 식 (2)에서 $\alpha(x_i, y_i)$ 는 $I(x_i + \Delta x, y_i + \Delta y)$ 의 불투명도(opacity)이고, (x_c, y_c) 는 마스터 중심 화소의 위치를 의미한다. 그리고 h 는 마스터의 하드니스(hardness)이고, R 은 마스터 반경(master radius)을 나타낸 것이다.

$$r(x_i, y_i) = \alpha(x_i, y_i) \times I(x_i + \Delta x, y_i + \Delta y) + (1 - \alpha(x_i, y_i)) \times M(x_i, y_i) \quad (2)$$

where

$$\alpha(x_i, y_i) = 0.5 \times \left(\frac{\sqrt{(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2}}{R} \right)^h + 0.5$$

그림 5는 제안된 스키니 스머지 툴을 이용하여 윤곽 형상을 변형하는 과정을 예시한 것이다. 그림 5를 참고할 때, 제안된 스키니 스머지 툴은 외부 동심원의 윤곽 형상에 영향을 주지 않으면서 내부 동심원의 윤곽 형상을 원하는 형태로 변형할 수 있음을 확인할 수 있다.



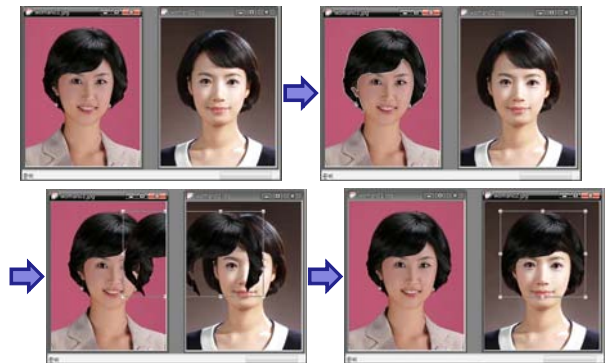
▶▶ 그림 5. 제안된 스키니 스머지 툴을 이용한 영상 변형 과정

III. 실험 결과 및 고찰

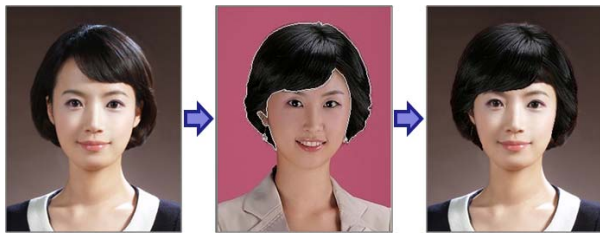
제안된 2D 가상 컬러 헤어스타일러의 타당성과 보편성을 평가하기 위해, Intel Core 2 Duo 2.16GHz(2GB RAM) 랩탑에서 Microsoft Visual C++, .NET 2005를 사양한 시험 영상을 대상으로 제안된 방법에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 스키니 스머지 툴(skinny smudge tool) 및 영상 변형(image metamorphosis)은 그 특성상 공인된 정량적 성능평가 방법이 부재한 바, 불가피하게 주관적 평가에 의존하는 것이 일반적이다.

그림 6은 원본 모델 영상에서 모발 영역이 얼굴 영역을 너무 많이 덮고 있음에도 불구하고 스키니 스머지 툴을 적용하지 않고 그대로 이용한 사례를 나타낸 것이다. 여기서 그림 6(b)의 세 번째 영상은 그림 6(a)와 같은, 원본 모델 영상의 헤어스타일 변경 과정을 거쳐 획득한 변경된 모델 영상이다. 그림 6에서 확인할 수 있듯이, 원본 모델 영상(그림 6(b)의 첫 번째 영상)은 모발 영역이 얼굴 영역을 너무 많이 덮고 있기 때문에 모발 추출 영상(그림 6(b)의 두 번째 영상)에서 분라추출한 새로운 헤어스타일을 두상에 어울리도록 착용시키더라도 그림 6(b)의 두 번째 영상과 같이 이전의 모발 영역이 밖으로 노출되어 자연스러운 결과를 얻을 수 없다.

그림 7은 이러한 문제를 해결하기 위해, 모발 외부 영역을 확장시킨 것으로, 스키니 스머지 툴(skinny smudge tool)을 이용하여 사용자 입력을 통해 얼굴선이 적절하게 노출되도록 스머지 블렌딩을 수행하여 모발 외부 영역이 확장된 모델 영상들을 얻은 것이다.

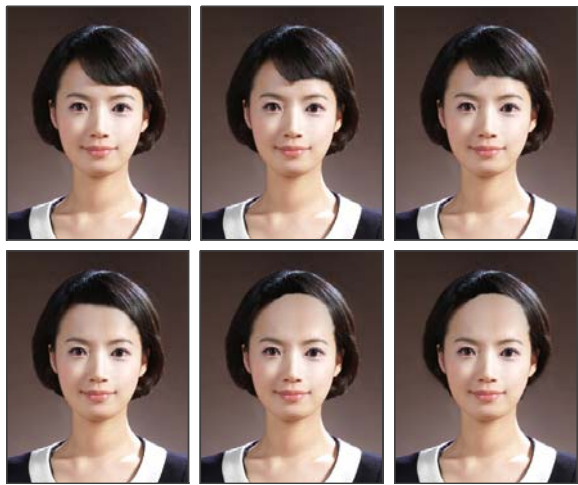


(a) 원본 모델 영상의 헤어스타일 변경 과정



(b) 변경된 결과 영상

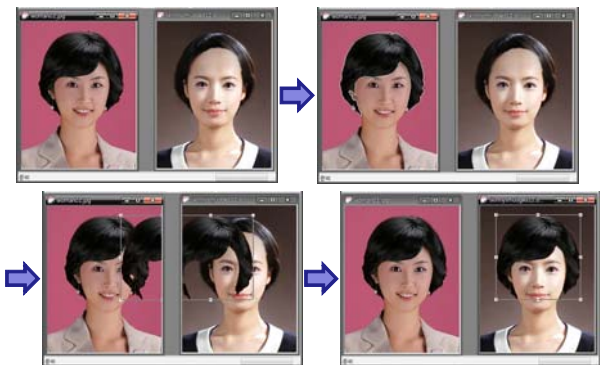
▶▶ 그림 6. 원본 모델 영상을 이용한 헤어스타일 변경



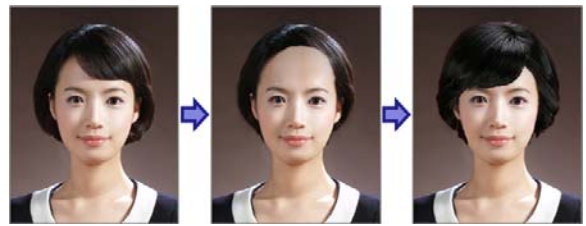
▶▶ 그림 7. 스킨니 스머지 툴을 이용하여 모발 외부 영역을 확장시킨 모델 영상들

그림 8과 그림 9는 모발 외부 영역이 확장된 모델 영상을 이용한 헤어스타일 변경 사례를 예시한 것이다.

제안된 스킨니 스머지 툴을 이용함으로써 사용 가능한 원본 모델 영상이 얼굴선이나 목선이 가능한 많이 노출된 영상으로 제한 받는 불편함을 부분적으로 해결할 수 있음을 알 수 있다.

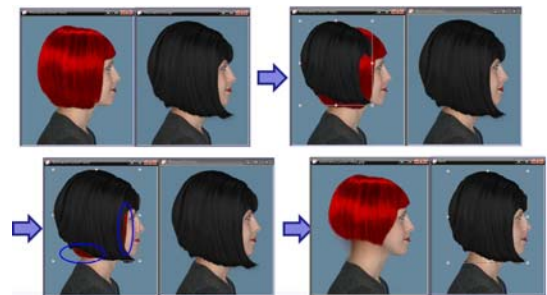


(a) 원본 모델 영상의 헤어스타일 변경 과정



(b) 각 과정별 변경된 결과 영상

▶▶ 그림 8. 모발 외부 영역이 확장된 모델 영상을 이용한 헤어스타일 변경(I)



(a) 원본 모델 영상의 헤어스타일 변경 과정



(b) 각 과정별 변경된 결과 영상

▶▶ 그림 9. 모발 외부 영역이 확장된 모델 영상을 이용한 헤어스타일 변경(II)

그림 10은 제안된 2D 가상 컬러 헤어스타일러의 전체 과정을 적용한 결과 영상들을 나타낸 것으로, 자연스러운 착용감을 제공하는 여러 단계의 헤어스타일들을 자동적으로 생성할 수 있다.



▶▶ 그림 10. 제안된 2D 가상 컬러 헤어스타일러의 전체 과정을 적용한 결과 영상들

제안된 방법에서 영상 분할 특성은 자연스럽게 사실적인 모발 컬러 매핑 결과에 결정적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 제안된 방법의 근간이 된다. 그러나 배경의 복잡도나 대비도와 무관하게 원하는 모발 객체를 자동으로 완벽하게 추출할 수 있는 영상 분할 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.

IV. 결론

본 논문에서는 2D 가상 컬러 헤어스타일러에 있어서 스키니 스머지 툴을 이용하여 모발 외부 영역을 확장한 모델 영상을 생성하는 방법을 제안하였다.

제안된 스키니 스머지 툴은 윤곽 형상에 밀착된 마스커 형상을 추출함에 따라 배경에 관계없이 변형하고 싶은 부분에만 변질 효과를 적용시킬 수 있다. 이에 따라 원하지 않는 부위에 대한 형상 변형을 최소화시키면서 원하는 변형 결과를 획득할 수 있는 이점이 있다. 이러한 기능을 제공함으로써 사용 가능한 원본 모델 영상의 유형이 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 향상

시킬 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.

■ 참고 문헌 ■

- [1] 김진수, 이두원, 고희석, "자연스러운 머리카락 모델링 및 애니메이션", 컴퓨터그래픽스학회논문지, 제5권, 제1호, pp. 35-46, 1999.
- [2] 최병원, 고희석, "파라미터 기반 머리카락 모델링 기법", 2004년 컴퓨터그래픽스학회 춘계학술대회 논문집, 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", *In Computer Animation and Simulation 2000*, pp. 87-99, Aug. 2000.
- [5] T. Kim and U. Neumann, "A Thin Shell Volume for Modeling Human Hair", *In Computer Animation 2000*, pp. 104-111, May 2000.
- [6] K. Ward and M. C. Lin, "Adaptive Grouping and Subdivision for Simulating Hair Dynamics", *In 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>, 헤어 코드 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>, 헤어 트라이(Hairtry), 2008.
- [13] 광노윤, "명도 차분 맵과 반자동 필드 모핑을 이용한 2D 가상 컬러 헤어스타일러", 2008년도 한국향행학회 학술발표대회논문집, pp. 402-408, 2008. 10.
- [14] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Wood, *Digital Image Processing 2nd Edition*, Prentice Hall, pp. 320-335, 2002.
- [15] 이은환, 광노윤, "2D 가상 착의 시스템의 컬러 영상 분할 및 직물 텍스처 매핑", 정보과학회논문지:시스템 및 이론, 제35권, 제5호, pp. 213-222, 2008. 6.
- [16] 이형진, 광노윤, "반자동 필드 모핑: 계층적 다각 근사화에 기반한 재귀적 제어선 정합," 제17회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵(IPIU 2005) 발표논문집, pp. 203-208, 2005. 1.
- [17] Adobe Systems Inc., <https://www.photoshop.com/>, Adobe Photoshop CS4, 2009.
- [18] Reallusion Inc., <http://www.reallusion.com/iclone/>, iClone 3, 2009.
- [19] P. Salemier and M. Pardas, "Hierarchical Morphological Segmentation for Image Sequence Coding," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 3, No. 5, pp. 629-651, Sep. 1994.