

## 스타일화된 얼굴 일러스트레이션

손민정<sup>1</sup>    조성현<sup>1</sup>    이승욱<sup>2</sup>    구본기<sup>2</sup>    이승용<sup>1</sup><sup>1</sup>포항공과대학교    <sup>2</sup>한국전자통신연구원

{sionson, sodomau, leesy}@postech.ac.kr    {tajinet, bkkoo}@etri.re.kr

## Stylized Facial Illustration

Minjung Son<sup>1</sup>    Sunghyun Cho<sup>1</sup>    Seung Wook Lee<sup>2</sup>    Bon Ki Koo<sup>2</sup>    Seungyong Lee<sup>1</sup><sup>1</sup>POSTECH    <sup>2</sup>ETRI

## 요약

본 논문에서는 입력으로 들어온 사람의 얼굴 영상으로부터 간략하면서도 인물의 특성이 잘 반영되도록 스타일화된 일러스트레이션 영상을 만드는 방법을 제시한다. 이를 위해 입력으로 들어온 영상으로부터 얼굴 영역 및 각 구성요소들을 인식하고, 그 결과를 효과적인 스타일화에 이용한다. 실제 스타일화는 크게 주요 부분을 간단한 톤으로 표현해주는 톤 그리기 부분과 해당 부분을 적은 선으로 효과적으로 묘사하는 선 그리기 부분으로 나뉘며, 이 두 부분에 머리카락이나 옷 부분 등에 추가적인 효과를 더하여 이루어진다. 이러한 스타일화 과정은 일반적으로 사람이 그린 그림과 같이 극도의 추상화 과정을 거쳐 보다 적은 표현으로 대상의 특징을 잘 살려주는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 여백을 살리는 간단한 표현으로도 대상을 효과적으로 묘사하는 동양화 기법을 응용한다.

## Abstract

We propose a stylized facial illustration method that expresses important features of a target highly abstractly but effectively from a human facial picture. Our method first detects facial components such as eyes and their associated regions from an input image, and then uses the detected results to render a stylized portrait. Our illustration method mainly consists of two key components and additional components: a tonal illustration component to draw simple tones, a line illustration component to draw a set of lines, and additional illustration components for hair, clothes, etc. The illustration part of the proposed method aims at illustrating features of a target effectively in a highly abstracted way like hand-drawn paintings. In order to achieve this goal, our method adopts an oriental black-ink painting style, which expresses objects effectively with empty spaces and simple expressions such as abstracted lines.

키워드: 비사실적 렌더링, 초상화, 스타일화, 얼굴 인식

Keywords: non-photorealistic rendering, portrait, stylization, face recognition

## 1. 서론

초상화는 동서양을 막론하고 예로부터 많은 사람들로 부터 사랑을 받아온 장르로 디지털 카메라와 같은 최첨단 사진 기기가 일상 생활 속에서 쉽게 접할 수 있게 된 오늘날에도 여전히 사랑을 받고 있다. 이는 사진과는 다른 그림만의 매력 때문이다. 또한 수묵화는 간결한 선과 번짐 효과를 이용하는 동양의 전통적인 회화 장르로, 여백을 이용한 간결한 멋이 두드러진다. 그로 인해 현대에 들어서도 여전히 많은 사랑을 받는 한편 다른 장르와도 다양한 결합이 시도되고 있다. 특히 수묵화를 응용하는 초상화의 경우 초상화를 전통적인 스타일로 멋스럽게 표현할 수 있을 뿐 아니라 수묵화의 주된 특징인 간결함과 여백으로 인해 인물을 보다 효과적으로 표현할 수 있다.

본 논문은 입력으로 들어온 사람 얼굴 영상을 간략하면서도 인물의 특징이 잘 표현되도록 스타일화 하는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 여백을 살리는 간단한 표현으로도 대

을 효과적으로 묘사하는 수묵화 기법을 응용하여 스타일화된 초상화 영상으로 만들어주는 방법을 제시한다. 기존의 영상을 기반으로 한 비사실적 렌더링(non-photorealistic rendering) 연구는 많은 경우 대상이 되는 영상의 범주를 일반적인 영상으로 잡고 있었다. 이러한 점 때문에 영상에서 추출할 수 있는 정보를 이용하는데 제한이 있어 초상화와 같이 인물의 이목구비가 뚜렷하게 드러나야 하는 경우에는 그대로 적용하기가 어려운 면이 있다. 인물의 초상에 초점을 맞춘 연구로는 캐리커처(caricature) 생성에 대한 연구가 있었지만, 많은 경우 캐리커처라는 장르의 특성 상 일반적인 초상화가 아닌 만화 스타일의 과장된 결과를 생성해 내었다. 본 논문은 캐리커처와 같이 얼굴의 특징을 추출하고 그것을 과장해서 나타내는 방법이 아닌 추출된 얼굴의 특징을 간략화와 여백을 강조하는 수묵화 스타일의 렌더링을 통해 최대한 효과적으로 나타내는 방법을 제시한다.

본 논문에서 제안하는 스타일화된 얼굴 일러스트레이션

기법은 크게 두 부분으로 나뉜다. 입력으로 들어온 얼굴 영상으로부터 얼굴을 인식하고 세부 영역으로 세그멘테이션(segmentation)하는 부분과 얻어진 정보를 이용하여 효과적으로 렌더링하는 과정이다. 얼굴 인식 및 얼굴 영역 세그멘테이션 단계에서는 입력된 영상에 대해 눈, 코, 입 등 얼굴의 각 세부 부분의 위치와 형태를 정의하고, 전체 영상에서 배경, 얼굴 영역, 머리카락 영역 및 옷 영역을 분리한다. 렌더링 단계에서는 얼굴 인식 및 얼굴 영역 세그멘테이션을 통해 알아낸 정보를 효과적으로 이용하여 렌더링을 수행, 목표로 하는 스타일화된 얼굴 일러스트레이션을 얻는다.

본 논문은 총 여섯 개의 장으로 이루어져 있다. 2장에서는 비사실적 렌더링 및 스타일화된 얼굴 일러스트레이션에 연관된 이전 연구를 소개한다. 3장에서는 본 논문이 제시하는 얼굴 인식 및 얼굴 영역 세그멘테이션 방법을 설명하고, 4장에서는 추출된 얼굴 정보를 이용해 렌더링하는 방법을 설명한다. 5장은 제시된 방법으로 생성한 실험 결과를 비교하고, 6장은 본 논문을 요약, 정리하며 결론을 맺는다.

## 2. 이전 연구

비사실적 렌더링에 대한 연구는 그래픽스 분야에서 매우 활발히 연구되고 있는 분야 중 하나이며, 특히 실제 화가들이 그리는 그림의 스타일을 컴퓨터로 재현해 내기 위해 여러 연구가 있어 왔다. 펜과 잉크 스타일 [1], 연필 스타일 [2], 해칭 스타일 [3], 유화 기법 [4] 및 수채화 기법 [5] 등 다양한 스타일의 기법을 구현하기 위한 연구나, 주어진 영상을 선을 이용해 효과적으로 표현하기 위한 방법 [6] [7]이 그 예이다. 수묵화 기법을 표현하기 위한 연구도 있었는데, *Chu et al.* [8]은 잉크의 번짐 효과를 물리 기반의 방법으로 시뮬레이션해서 수묵화의 중지와 먹의 효과적으로 만들어 주는 방법을 소개하였다. 그러나 이러한 방법 중 다수는 영상이 아닌 3D 모델을 입력으로 하기 때문에 이차원 영상을 이용한 방법에는 적용하기 어렵다. 또한 영상 기반 방법의 경우에도 일반적인 영상을 대상으로 하기 때문에 인물의 초상과 같이 인물의 이목구비의 묘사가 중요한 경우에는 적합하지 않다. 한편 *Chu et al.* [8]의 경우는 사용자가 가상의 붓을 이용해 직접 그림을 그리는 시스템으로, 본 연구와는 다른 목적을 갖는다.

입력되는 영상을 사람의 초상으로 한정시켜 비사실적 렌더링을 하는 연구도 있었는데, 이 중 다수의 연구가 캐리커처를 그리는 것을 목표로 하였다. *Liang et al.* [9]은 예제 기반의 캐리커처 생성 방법을 소개했다. 화가의 캐리커처 그림과 사람의 얼굴 사진을 이용해 사람의 얼굴이 그려지는 방식을 학습시킨 후 대상이 된 얼굴 사진을 분석해 새로운 캐리커처를 생성해 낸다. *Chiang et al.* [10]은 대상 얼굴의 특징을 자동으로 분석한 뒤 특징들을 과장시켜 화가가 그린 캐리커처를 이미지 워핑(image warping) 기술을 이용해 변형시키는 방식으로 캐리커처를 만든다. *Chen et al.* [11]은 예제 기반의 사람 얼굴 스케치 기법을 소개했다. 보다 적은 데이터로 효과적인 결과를 내기 위해 얼굴 전체에 대한 데이터베이스 대신 눈, 코, 입과 같은 사람 얼굴의 각 부분에 대해 미리 그림으로 된 데이터베이스를 이용하였다. 실제 스케치는 대상이 되는 얼굴 영상에서 눈, 코, 입, 머리카락 같은 구성 요소를 분석해 각 부분에 가장 잘 어울리는 그림들을 찾아 합쳐준다. 그러나 세 방법 모두 얼굴 특징을 추출하기 위해 사용자의 입력을 필요로 하며, *Liang et al.* [9]과 *Chen et al.* [11]의 방법은 렌더링을 위한 데이터베이스를 필요로 한다. *Chiang et al.* [10]가 제시한 방법은 화가가 그린 캐리커처를 워핑하는 방식으로 결과를 생성하기 때문에 미리 그려진 그림에 대해 제한적인 결과만 얻을 수 있



그림 1: 얼굴 인식 및 세그멘테이션 결과. 왼쪽: Haar-like 특징 검출 결과, 가운데: AAM 결과, 오른쪽: 세그멘테이션 결과

다. *Gooch et al.* [12]는 얼굴 사진으로부터 흑백 일러스트레이션을 생성하는 기법을 제시하였고, 사용자 실험을 통해 흑백 일러스트레이션이 빠르고 정확한 인식이 가능하다는 것을 보였다. *Tseng*과 *Lien* [13]은 얼굴들 사이의 특징 비교 및 얼굴 안에서의 특징 비교를 통해 캐리커처 이미지를 생성해 내는 방법을 제시했다. 그들이 제시한 방법은 렌더링을 위한 데이터베이스를 이용하지 않고 선 묘사 스타일의 결과를 효과적으로 만들어 낸다. 그러나 여전히 얼굴의 중요한 특징들을 추출해 내기 위해서는 사용자의 입력을 필요로 한다. 또한 앞에서 소개한 방법들은 모두 렌더링 방법이 수묵화 스타일과는 거리가 멀고 선 묘사 스타일이나 만화와 같은 스타일을 생성해 낸다. 본 논문에서 제시하는 방법은 얼굴의 특징을 추출하기 위해 사용자의 입력 없이 완전히 자동화된 방법을 사용하기 때문에 보다 손쉽게 결과를 얻을 수 있다. 또한 렌더링을 위한 데이터베이스를 필요로 하지 않기 때문에 수묵화 스타일이 적용된, 보다 다양한 결과를 얻을 수 있다.

## 3. 얼굴 인식 및 얼굴 영역 세그멘테이션

얼굴 인식 및 얼굴 영역 세그멘테이션을 위해서 Haar-like 특징 검출기(feature detector) [14][15]를 이용하여 사람의 얼굴 및 눈, 코, 입과 같은 얼굴의 각 부분을 입력 영상에서 찾는다. 이 결과를 기반으로 AAM(Active Appearance Model) 기법을 이용하여 얼굴 영역을 보다 정교하게 찾게 된다. AAM을 이용한 검출이 끝난 후 입력 영상이 배경과 피부 영역, 머리카락 영역 및 옷 영역으로 나누어지도록 세그멘테이션 한다. 얼굴 인식 및 얼굴 영역 세그멘테이션을 보다 안정적으로 하기 위해 입력 영상의 배경은 미리 지정된 색(파란색)의 단일 배경을 이용하였다.

### 3.1 Haar-like 특징 검출기를 이용한 얼굴 인식

Haar-like 특징 검출기는 미리 훈련된 데이터를 바탕으로 영상에서 가장 비슷한 영역들을 검출해주는 방법이다. 본 초상화 시스템에서는 OpenCV 라이브러리에서 제공하는 Haar-like 특징 검출기를 이용하여 얼굴 영역과 눈, 코, 입 영역을 검출한다(그림 1의 왼쪽). Haar-like 특징 검출기는 빠른 속도로 얼굴 영역을 검출해 주지만 각 영역을 독립적으로 검출하기 때문에 검출 결과가 정확한지를 판단하기 어렵다. 따라서 본 시스템에서는 검출된 각각의 영역의 상대적인 위치를 비교하여 검출된 결과의 정확성을 판단한다.

### 3.2 AAM 기법을 이용한 얼굴 인식

Haar-like 특징 검출기의 검출 결과는 각각의 영역을 사각형으로만 나타나기 때문에 입력 영상에서 얼굴 윤곽이나 얼굴 각 부분의 정확한 형태를 알기 힘들다. 따라서 얼굴 및 각 부분의 정확한 형태를 알기 위해 앞의 과정에서 추출된 얼굴 영역을 바탕으로 AAM [16] [17] 기반의 얼굴 인식을 수행한다(그림 1의 가운데).

AAM은 변형이 가능한 메쉬 구조를 이용하여 영상에서 특정한 구조를 추출해 내는 것을 가능하게 해 준다. 따라서 얼굴의 눈, 코, 입, 외곽선과 같은 특성이 반영된 메쉬 구조를 이용하여 얼굴 영상에서 실제 얼굴 구성 요소들이 어떻게 배치되어 있는지를 찾을 수 있다. 하지만 AAM이 윤곽선을 찾는 방법은 Lucas-Kanade 알고리즘 [18]을 이용하기 때문에 비교적 정확한 초기값이 주어져 있어야 한다. 그렇지 않을 경우 AAM은 종종 잘못된 영역을 찾게 된다. 따라서 초기값을 주기 위해 앞에서 Haar-like 특징 검출기를 이용해 얻은 얼굴 인식 결과를 이용한다.

AAM 모델을 최적화시키는 해를 찾게 되면 얼굴과 눈, 코, 입의 윤곽선을 얻을 수 있다. 하지만 AAM 역시 얼굴의 모습 및 얼굴 영역의 밝기 분포에 따라 잘못된 결과를 찾을 수 있기 때문에 이를 검증하는 과정이 필요하다. 이를 위해 앞에서 찾은 Haar-like 특징 검출기를 이용해 얻은 얼굴 인식 결과와 AAM 인식 결과가 얼마나 일치하는지를 비교하는 과정을 거쳐 AAM 모델이 정확한지를 판단한다. 이때 두 결과가 불일치한다면 Haar-like 특징 검출기의 결과만을 이용하도록 한다.

### 3.3 세그멘테이션

AAM 기법을 이용하여 얼굴 인식을 수행하면 얼굴의 전체적인 모양과 각 부분의 위치 및 형태를 알 수 있다. 그러나 AAM 모델의 윤곽선이 정확하지 않고 머리카락 영역과 옷 영역 등을 구할 수 없기 때문에, 추가적으로 세그멘테이션 과정들을 거쳐 이러한 부분을 정확하게 나누도록 한다(그림 1의 오른쪽).

세그멘테이션 단계에서는 우선 지정된 배경색을 이용하여 배경 영역을 찾고, 배경에 대한 정보와 최적화된 AAM 모델의 윤곽선 부분을 이용하여 얼굴 영역 맵을 만든다. 얼굴 영역 맵을 만든 후에 색공간 변환을 이용하여 피부 영역을 찾는다. 머리카락 영역은 피부 영역 상단의 머리카락의 색을 이용하여, 옷 영역은 입력 영상의 하단 좌우의 옷 영역 색을 이용하여 각각 초기값을 잡고, 이 초기값을 이용해 유사한 색을 가진 픽셀들을 해당 영역으로 묶는다. 그리고 남은 부분에 대해 그래프 컷(graph-cut) [19]을 이용한 세그멘테이션을 수행하여 머리카락과 얼굴, 옷 영역을 결정하게 된다. 이를 통해 영상의 각 픽셀이 각각 어느 영역에 속하는지를 알 수 있다.

배경 추출 배경 영역은 미리 지정된 배경색을 이용하여 심층하게 된다. 파란색이 미리 배경으로 지정되어 있기 때문에 좀 더 편하게 찾을 수 있다. 그러나 조명의 밝기 등의 영향으로 미리 지정된 파란색과 실제로 입력된 배경색이 다를 수 있기 때문에, 보다 정확한 추출을 위해 미리 지정된 색과 비슷한 색들을 조사 후 그 색들 중 평균색을 다시 배경색으로 선택한다. 이렇게 선택된 배경색을 이용하여 다시 그 색에 가까운 색들을 찾는 방식으로 배경 영역을 추출한다.

피부 영역 추출 먼저 AAM 모델의 윤곽선 내부 픽셀들의 색상 정보를 이용하여 피부 색상을 정의한다. 이때 YCbCr 색상

간 상의 Cb, Cr 값만을 사용하여 빛에 의한 피부 색상 변화가 가능한 한 영향을 끼치지 않도록 하였다. 이렇게 정의된 피부 색상과 색상 차이가 적은 픽셀들을 찾음으로써 AAM 모델에서 정의된 얼굴 영역을 벗어나는 부분 중 피부에 해당하는 부분을 정의한다. 이마 부분과 목 부분 등이 이에 해당된다.

머리 영역 추출 이전 과정에서 정의된 피부 영역을 이용하여 머리카락 영역을 정의한다. 얼굴 영역 위쪽에 해당하는 부분 중 피부로 정의되지 않은 부분의 색상을 확인하여 가장 많은 색상을 머리카락 색상으로 정의한다. 그리고 이 색상과 차이가 적은 픽셀들을 찾음으로써 머리카락 영역을 정의한다.

옷 영역 추출 옷 영역은 영상의 좌우 아래쪽이 옷에 해당한다는 가정으로부터 시작한다. 영상의 좌우 아래쪽 귀퉁이 영역에 포함된 색상을 옷 색상으로 정의하고, AAM 모델에서 코 아래 부분에 해당하는 영역 중 피부나 머리카락으로 정의되지 않았고 옷 색상과 차이가 적은 픽셀들을 찾아 옷 영역으로 정의한다. 단, 옷 색상을 정의할 때 귀퉁이의 한 픽셀이 아닌 일정 범위의 픽셀을 이용하여 단색이 아닌 다양한 색상이 포함된 옷도 처리 가능하도록 한다.

그래프컷을 이용한 경계 정의 위의 과정을 거치면 배경 영역을 제외한 영상 내의 모든 영역은 AAM에서 정의된 각 부분 외에도 피부 영역, 머리카락 영역, 옷 영역, 그리고 이 중 어떠한 영역으로도 정의되지 않은 영역으로 나뉘어진다. 여기서 어떠한 영역에도 속하지 않은 영역은 정의된 피부, 머리카락, 옷 색상과 일정 값 이상 차이가 나 색상을 이용한 영역 정의가 어려운 부분이다. 이러한 영역은 이전 단계에서 정의된 피부, 머리카락, 옷 영역을 시드로 잡고 그래프 컷(graph-cut) 알고리즘 [19]을 수행함으로써 색상 차이가 큰 부분을 경계로 하여 각각 피부, 머리카락, 옷 영역으로 정의되도록 하였다.

이러한 세그멘테이션 과정을 거치고 나면 영상의 모든 픽셀들은 어떤 영역에 해당되는지 정의가 가능하며, 이는 이후 렌더링 단계에서 각 영역을 각기 다른 방법을 이용하여 렌더링할 수 있도록 해준다.

## 4. 렌더링

렌더링 단계에서는 얼굴 각 부분 인식 및 영역 세그멘테이션 결과를 효과적으로 이용하여 스타일화된 얼굴 영상을 만든다. 먼저 인물의 각 부분 인식 결과를 이용하여 이목구비가 두드러지도록 톤 묘사 및 선 묘사를 수행한다. 이 때, 수목화 느낌이나도록 렌더링하는 방법을 사용한다. 그 후 세그멘테이션 결과 머리카락 영역과 옷 영역으로 분류된 부분에 각각 라인 스트로크를 이용하여 추가적인 스타일화를 한다. 그리고 결과 영상에 눈동자 반사광에 의한 하이라이트 효과나 불터치, 입술색 등 추가 효과를 주어 결과 영상의 품질을 높인다.

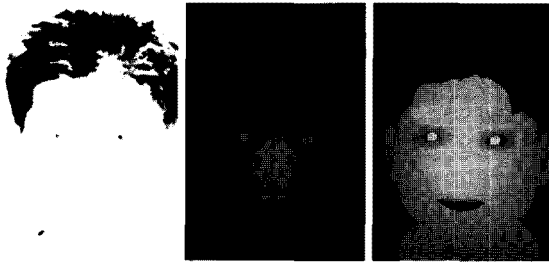
### 4.1 톤 묘사

톤 묘사는 초상화에서 인물의 볼륨감과 밝기 등을 효과적으로 표현하기 위해 사용된다(그림 2(a)). 톤은 기본적으로 입력 영상의 밝기에 의존한다. 입력 영상의 밝기를 레벨 별로 나누어, 각 레벨에 따라 다른 밝기의 톤을 묘사해주는 방식으로 진행된다. 톤 레벨은 레벨간의 부드러운 전환을 위해 11단계로 나



그림 2: 렌더링 결과.

누었다. 또한 수목화의 효과를 위해 약간의 퍼짐과 블러 효과를 준다.



(a) 일괄적 톤 묘사 (b) 0번 레벨 임계값 (c) 4번 레벨 임계값

그림 3: 톤 매핑

얼굴과 같은 경우, 톤 묘사를 일괄적으로 하면 얼굴의 한 부분만 지나치게 밝아지거나 지나치게 어두워 질 수 있으므로 효과적인 표현을 하기 어렵다. 그림 3 (a)의 경우, 머리카락의 색이 어둡기 때문에 전체 이미지에서 머리 영역만 어둡게 되고 나머지 부분은 흐릿하게 묘사된 것을 알 수 있다. 따라서 이를 위해 검출된 영역 정보를 바탕으로 부분적인 톤 묘사를 한다. 이를 위해 검출된 영역들마다 다른 방식으로 레벨을 나눈다. 이럴 경우 영역들의 톤이 서로 다른 임계값들로 나뉘기 때문에 영역들 사이에 끊김이 발생하는데 이를 방지하기 위해 각 영역의 각 톤의 레벨마다 임계값을 정한 후 이 임계값들을 다른 영역의 임계값들과 블렌딩시켜 준다. 이때 블렌딩하는 정도는 각 영역의 중심으로부터의 거리를 이용하여 거리가 멀어질수록 그 영역의 임계값의 영향이 작아지도록 한다. 이를 통해 각 픽셀마다의 톤 레벨의 임계값들이 정해진다. 이를 바탕으로 톤 묘사를 한다. 이를 통하여 각 영역이 모두 선명하게 나오도록 효과적으로 처리할 수 있다.

그림 3 (b)와 (c)는 가장 어두운 색에 해당하는 0번 레벨과 4번 레벨의 각 픽셀별 임계값들을 보여준다. 밝은 색은 큰 값을 나타내고, 어두운 색은 작은 값을 나타낸다. 원본 영상의 픽셀의 값이 임계값보다 작은 경우에 톤 묘사를 하게 된다. 그림에서 알 수 있듯이, 앞에서 설명한 방법에 의하면, 코, 입 등의 영역에 따라 다른 임계값들이 부드럽게 섞이게 된다.

얼굴 영역이 제대로 검출되지 않은 경우에는 이와 같은 방식을 이용할 수 없기 때문에 입력 영상에서 배경 영역을 제외한 전체 부분에 일괄적으로 톤 묘사를 해 준다.

## 4.2 선 묘사

인물의 특징을 보다 효과적으로 표현하기 위해 선을 이용해 특징들을 표현한다(그림 2 (b)).

선 묘사는 기본적으로 coherent line drawing [7] 방법을 이용한다. 이 방법은 영상의 흐름(flow) 정보를 이용하는 양방향 필터링(bilateral filtering)을 반복적으로 수행하여 영상 자체의 흐름을 개선하고 그 위에서 선을 뽑아내어 보다 자연스럽게 효과적인 선 묘사가 가능하도록 한다. 이때 그려진 선은 픽셀 단위 결과로 선 영역과 선이 아닌 영역으로 표현된다.

수목화 느낌의 선을 그리기 위해서는 단색의 분명한 선이 아닌 자연스럽게 번지는 효과의 선이 필요하다. 따라서 세 개의 임계값을 이용하여 선이 뽑히는 정도를 세 단계로 하여 선을 그린다. 이때 가장 많이 뽑힌 선은 가장 얇은 톤으로 선을 칠하고 그 위에 이전 보다 적은 선을 조금 더 짙은 톤으로 얹어간다. 그렇게 세 단계로 칠해진 선에 블러 효과를 주면 수목화 느낌으로 자연스럽게 번진 효과의 선을 얻을 수 있다. 여기에 더하여 이러한 임계값을 영상 전체에 동일하게 주지 않고, 얼굴 인식 결과에 따라 얼굴의 각 중요 부분에서 더 많은 선이 얻어질 수 있도록 임계값을 조절하여 준다. 이때, 톤 묘사에서 임계값 맵을 만든 것과 마찬가지로 영역 간에 끊김이 나타나지 않도록 임계값을 블렌딩하여 맵을 만들어 사용함으로써 얼굴의 중요 부분에서 선 묘사가 분명하면서도 부드럽게 일어날 수 있도록 한다.

하지만 이러한 방법으로 뽑힌 선은 그대로 톤 묘사 결과와 어울리기는 지나치게 굵은 편이다. 따라서 세 단계의 톤을 합치기 전에 각각에 형태론적 필터링(morphological filtering)을 적용하여 선을 가늘게 해주면 전체 영상과 어울렸을 때 선의 느낌이 너무 강하지 않으면서도 얼굴의 중요 부분을 잘 표현해주는 수목화 느낌의 선을 얻을 수 있다.

한편 얼굴 내부의 잡티나 입 내부의 선을 그려주는 것은 결과 퀄리티에 좋지 않은 영향을 주기 때문에 이러한 부분은 후 처리로 제거해 준다. 잡티에 해당하는 선들은 각 선이 몇 픽셀로 이루어져 있는지 계산하여 일정 수 이하의 적은 픽셀들로 표현된 선을 없애는 방법으로, 입 내부 선들은 얼굴 인식 결과 입 내부로 인식된 부분의 선들을 없애는 방법으로 제거한다.

## 4.3 옷 영역 묘사

옷 영역 묘사는 옷 영역이 검출된 경우에만 이루어진다(그림 2 (c)). 옷 영역은 기본적으로 스트로크(stroke)를 이용하여 묘사되는데, 이때 스트로크의 색은 원래 옷 영역의 색을 기반으로

하여 결정되며 영상의 원래 톤보다 밝은 톤으로 묘사된다. 입력 영상의 옷 영역이 밝은 톤이거나 흰 옷일 경우 톤으로 묘사하면 아예 보이지 않을 수 있기 때문에, 옷 영역에 대한 기본 색을 랜덤하게 정한 후 스트로크 상의 색과 기본 톤을 이용하여 색을 결정하여 렌더링한다. 이때, 기본 색은 (R, G, B) 각기의 컬러 채널에서 상위 10%의 밝은 값들을 이용하여 정함으로써 색이 있는 영역에서 옷 색이 기본톤보다 더 강하게 나타나도록 한다. 또한 옷 영역에서 가장 밝은 10% 정도의 영역은 추가적으로 스트로크를 더하지 않고 그대로 남겨 둬으로써 옷 영역이 너무 뾰뻑하게 묘사하는 것을 피하고 보다 자연스러운 묘사가 가능하도록 하였다. 스트로크의 방향은 옷 영역에 방향성이 있을 경우 이에 따르고, 없을 경우에는 아래쪽 바깥으로 퍼지는 방향으로 정해준다. 또한 스트로크들은 서로 알파 블렌딩(alpha blending)하여 스트로크들이 너무 뚜렷하게 나타나는 것을 막는다.

#### 4.4 머리카락 영역 묘사

본 방법에서는 머리카락 영역에 흐름을 따라 붓의 질감이 살아있는 선을 그려주는 방법으로 머리카락을 표현하였다(그림 2 (d)). 이를 위해 4.2절에서 선 묘사를 위해 사용한 coherent line drawing 방법의 결과로 얻은 부드러운 흐름과 실제 재질의 질감이 살아있는 텍스처를 이용한다.

머리카락 영역에서 정의된 흐름은 영상의 밝기 차이를 기준으로 만들어졌으므로 색상 차이가 적은 부분에서는 흐름이 잘 생기지 않는다는 단점이 있다. 따라서 흐름이 잘 생성된 부분의 경우 해당 부분의 흐름 정보를 주위로 전파하여 주위에 흐름이 잘 생성되지 않은 부분에 영향을 미치도록 하였다. 이러한 방법을 이용하면 머리카락 영역 전체에 자연스럽고 부드러운 흐름을 얻을 수 있다.

이렇게 개선된 흐름을 구한 후 머리카락 영역에서 흐름을 따라 라인 스트로크(line stroke)를 구한다. 각각의 라인 스트로크는 머리카락 영역 중 어두운 부분에서부터 우선적으로 시드(seed)를 잡은 후 흐름을 따라 픽셀들을 연결해가는 방법으로 정의된다. 이때, 하나의 라인 스트로크가 생성된 후에는 해당 스트로크 근처의 일정 영역 내에 위치한 픽셀들을 시드 후에서 제외하며 라인 스트로크를 구하도록 하여, 렌더링된 각 스트로크들이 서로 겹치는 부분이 존재하면서도 한 부분에만 집중되는 것을 방지하였다.

최종적인 머리카락 렌더링은 이렇게 구해진 라인 스트로크를 따라 일정 굵기로 텍스처를 그려 줌으로써 이루어진다.

#### 4.5 추가 효과

앞에서 설명한 것 외에 눈동자와 입술, 볼터치의 추가적인 효과가 결과의 품질을 높이기 위해 표현된다(그림 2 (c)).

눈동자 눈동자의 반사광에 의한 하이라이트 묘사는 최종 결과의 품질을 높이는 데 중요한 역할을 한다. 하이라이트 묘사는 톤이나 선이 이미 묘사된 하이라이트를 덮어 쓰는 것을 막기 위해 톤 묘사와 선 묘사가 모두 끝난 후에 이루어지며, 밝은 색의 작은 원을 인식된 두 눈동자 영역의 중앙에 각각 그려주는 것으로 묘사된다.

입술 AAM을 이용한 얼굴 영역 검출이 성공적으로 이루어진 경우 입술 영역에 추가적으로 붉은 색을 얹게 입혀서 입술을 묘사할 수 있다. 이러한 표현은 인물에 생동감을 더해 결과의 퀄리티를 높여준다. 하지만 인물에 따라 입술색을 입힐 성

우 부자연스러운 결과가 나올 수 있으므로 이를 방지하기 위해 추가적인 입술 표현은 사용자의 선택에 따르는 옵션 형태로 제공된다.

볼터치 사용자 선택에 따라 추가적으로 볼터치를 효과를 주는 것 또한 가능하다. 볼 영역을 찾기 위해 얼굴 인식 결과에서 눈과 코 영역의 위치 등을 참고하여 볼 영역을 결정한다. 그리고 전체적인 크기에 따라 볼 영역에 넓은 붉은 원을 얹게 덧칠해 준다. 이로써 초상화의 인물을 보다 생기 있게 묘사할 수 있다. 볼터치 효과 역시 입술과 마찬가지로 초상화의 인물에 따라 추가하는 것이 오히려 부자연스러울 수가 있으므로 사용자 선택에 따라 옵션으로 제공한다.

### 5. 결과

본 논문에서 제시한 방법을 이용하면 다양한 얼굴 영상으로부터 수목화의 여백 효과가 두드러진 스타일화 영상을 얻을 수 있다. 논문에 제시된 모든 결과는 352 × 500 영상을 입력으로 하였으며 실행 시간은 2.67GHz Duo CPU, 2.00GB 메모리의 윈도우즈 환경에서 15초 정도가 소요되었다.

그림 4의 스타일화 결과 영상에서 볼 수 있듯이 본 방법은 비교적 적은 선과 톤으로 여백 효과를 살리면서도 입력 영상의 인물의 중요 부분이 잘 드러나도록 스타일화가 가능하다. 그림 4의 첫 번째와 두 번째, 세 번째 열의 결과 영상은 눈동자 하이라이트 및 볼터치 옵션을 모두 활성화시켜 얻은 결과를 알 수 있다. 또한 눈동자 하이라이트 효과 및 볼터치, 입술 효과가 결과에 생동감을 더해준다. 그림 4의 네 번째 열은 인물이 성인 남성이므로 볼터치와 입술 효과를 비활성화시켜 결과를 얻었다.

### 6. 결론

본 연구에서는 사람의 얼굴 영상을 이용하여 간략하면서도 인물의 특징이 잘 나타나도록 스타일화된 일러스트레이션 영상을 만드는 방법을 제시하였다. 이를 위하여 입력으로 들어온 영상으로부터 얼굴 영역 및 눈, 코, 입과 같은 부분을 인식하고, 이를 효과적인 스타일화에 이용하였다. 실제 스타일화는 일반적으로 사람이 그린 영상과 같이 극도의 추상화 과정을 거쳐 보다 적은 표현으로 대상의 특징을 잘 살려주는 것을 목표로 하였으며 이를 위해 대상을 수목화 스타일로 묘사해 주는 것을 목표로 하였다.

본 연구에서 사용한 얼굴 인식 및 얼굴 인식에 기반한 렌더링은 몇 가지 개선의 여지가 있다. 우선 환경이나 조명, 얼굴의 생김새에 따라 얼굴 인식 성공률이 크게 좌우된다는 것과, 얼굴 영역 세그멘테이션이 조명이나 옷 색 등에 크게 좌우된다는 것이다. 이런 얼굴 인식의 결과가 바로 렌더링에 이용되기 때문에, 잘못된 세그멘테이션은 잘못된 렌더링 결과를 가져오게 된다. 예를 들어 조명의 영향으로 턱 밑의 어두운 부분에서 피부 영역과 옷 영역의 세그멘테이션이 잘못 될 수 있는데, 이러한 경우 옷 영역 렌더링 방식과 얼굴 영역 렌더링 방식이 다르기 때문에, 심각한 결과의 품질 저하를 초래할 수 있다. 그림 5는 본 논문에서 제시한 방법이 실패한 경우를 보여준다. 이 경우, 머리카락 영역과 옷 영역의 색이 비슷하여 세그멘테이션에 실패하였고, 그로 인해 머리카락 영역 일부에 옷 영역 묘사 방법이 적용된 것을 볼 수 있다. 이처럼 얼굴 인식과 세그멘테이션이 실패할 경우, 이는 결과에 심각한 영향을 미친다.



입력 영상

스타일화 결과 영상

그림 4: 결과 영상



입력 영상

세그멘테이션

결과 영상

그림 5: 스타일화에 실패한 예제. 머리카락과 옷 영역의 색이 비슷하여 세그멘테이션이 실패하였다. 그로 인해 엉뚱한 톤이 묘사되었다.

따라서 보다 정교한 방식의 얼굴 영역 인식 기법이나 세그멘테이션 기법, 사용자 인터랙션 등을 이용하여 전체 시스템의 성능을 개선할 필요가 있다.

## 감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업(2005-S082-02, 비사실적 애니메이션 기술 개발)의 일환으로 수행되었습니다.

## 참고 문헌

- [1] G. Winkenbach and D. H. Salesin, "Computer-generated pen-and-ink illustration," in *Proc. of ACM SIGGRAPH*. New York, NY, USA: ACM, 1994, pp. 91-100.
- [2] H. Lee, S. Kwon, and S. Lee, "Real-time pencil rendering," in *Proc. of International Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering (NPAR)*. New York, NY, USA: ACM, 2006, pp. 37-45.
- [3] E. Praun, H. Hoppe, M. Webb, and A. Finkelstein, "Real-time hatching," in *Proc. of ACM SIGGRAPH*. New York, NY, USA: ACM, 2001, p. 581.
- [4] A. Hertzmann, "Painterly rendering with curved brush strokes of multiple sizes," in *Proc. of ACM SIGGRAPH*. New York, NY, USA: ACM, 1998, pp. 453-460.
- [5] C. J. Curtis, S. E. Anderson, J. E. Seims, K. W. Fleischer, and D. H. Salesin, "Computer-generated watercolor," in *Proc. of ACM SIGGRAPH*. New York, NY, USA: ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 1997, pp. 421-430.
- [6] M. Son, H. Kang, Y. Lee, and S. Lee, "Abstract line drawings from 2d images," in *Proc. of Pacific Graphics (PG)*, 2007, pp. 333-342.
- [7] H. Kang, S. Lee, and C. K. Chui, "Coherent line drawing," in *Proc. of International Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering (NPAR)*. New York, NY, USA: ACM, 2007, pp. 43-50.

- [8] N. S.-H. Chu and C.-L. Tai, "Moxi: real-time ink dispersion in absorbent paper," in *Proc. of ACM SIGGRAPH*. New York, NY, USA: ACM, 2005, pp. 504–511.
- [9] L. Liang, H. Chen, Y.-Q. Xu, and H.-Y. Shum, "Example-based caricature generation with exaggeration," in *Proc. of Pacific Graphics (PG)*, 2002, pp. 386–393.
- [10] P. Chiang, W. Liao, and T. Li, "Automatic caricature generation by analyzing facial features," in *Proc. of Asian Conference on Computer Vision (ACCV'04)*, 2004.
- [11] H. Chen, Z. Liu, C. Rose, Y. Xu, H.-Y. Shum, and D. Salesin, "Example-based composite sketching of human portraits," in *Proc. of International Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering (NPAR)*. New York, NY, USA: ACM, 2004, pp. 95–153.
- [12] B. Gooch, E. Reinhard, and A. Gooch, "Human facial illustrations: Creation and psychophysical evaluation," *ACM Trans. Graph.*, vol. 23, no. 1, pp. 27–44, 2004.
- [13] C.-C. Tseng and J.-J. J. Lien, "Synthesis of exaggerative caricature with inter and intra correlations," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 4843, pp. 314–323, 2007.
- [14] P. Viola and M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," in *Proc. of Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, vol. 1, 2001, pp. 1–511–1–518 vol.1.
- [15] R. Lienhart and J. Maydt, "An extended set of haar-like features for rapid object detection," in *Proc. of International Conference on Image Processing (ICIP)*, vol. 1, 2002, pp. 1–900–1–903 vol.1.
- [16] G. Edwards, C. Taylor, and T. Cootes, "Interpreting face images using active appearance models," in *Proc. of International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, 1998, pp. 300–305.
- [17] E.-J. Lee, J. yong Kwon, and I.-K. Lee, "Caricature video," *Comput. Animat. Virtual Worlds*, vol. 18, no. 4-5, pp. 279–288, 2007.
- [18] B. Lucas and T. Kanade, "An iterative image registration technique with an application to stereo vision," in *Proc. of International Joint Conferences on Artificial Intelligence*, 1981, pp. 674–679.
- [19] Y. Boykov, O. Veksler, and R. Zabih, "Fast approximate energy minimization via graph cuts," in *Proc. of International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 1999, pp. 377–384.