

# 로컬 와핑 및 윤곽선 추출을 이용한 캐리커처 제작

## Caricaturing using Local Warping and Edge Detection

최성진, 김성신, 배현  
부산대학교 전기공학과

Sung-Jin Choi, Sungshin Kim, Hyeon Bae  
School of Electrical and Computer Engineering  
Pusan National University  
E-mail : newberserk@hotmail.com

### 요 약

캐리커처의 일반적인 의미는 어떤 사람이나 사물의 특징을 추출하여 익살스럽게 풍자한 그림이나 글이다. 다시 말해, 캐리커처는 사람의 얼굴에서 특징을 잡아 과장하거나 왜곡하여 그린 데생이라고 한다. 컴퓨터를 이용한 기존의 캐리커처 제작방법으로는, 입력 이미지 좌표의 통계적인 차이값을 이용하는 PICASSO System 방법[1], 제작자의 애매한 느낌을 퍼지 논리를 이용하여 표현하는 방법, 이미지를 와핑하는 방법, 여러 단계의 벡터 필드 변환을 이용하는 방법등이 연구되어 왔다. 본 논문에서는 실시간 또는 준비된 영상을 입력으로 받아 저장한 후, 네 단계의 과정으로 처리한 후 최종적으로 캐리커처된 이미지를 생성하게 된다. 각 단계 별 처리 내용으로는 첫번째 단계에서는 영상에서 얼굴을 검출하고 두번째 단계에서는 특정 얼굴부위의 기하학적 정보를 좌표값으로 추출한다. 세번째 단계에서는 전 단계에서 얻은 좌표값으로 로컬 와핑 기법을 이용하여 영상을 변환한다. 네 번째 단계에서는 변형된 영상으로 퍼지 논리를 이용하여 보다 개선된 윤곽선 이미지로 변환하여 캐리커처 이미지를 얻는다. 본 논문에서는 영상 인식, 변환 및 윤곽선 검출 및 등의 여러 가지 영상 처리 기법을 이용하여 기존의 캐리커처 제작 방식보다 간단하고, 복잡한 연산 과정이 없는 캐리커처 제작 시스템을 구현하였다.

Keywords: face detect, template matching, warping, fuzzy, edge detection.

### 1. 서론

컴퓨터와 멀티미디어 기술의 발전으로 디지털 영상처리 기술 및 컴퓨터 비전에 대한 관심이 증가하고 있으며, 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 퍼스널 컴퓨터와 인터넷의 저변 확대로 인하여 아바타나 개인 얼굴의 캐리커처에 대한 관심이 증대하고 있다. 본 논문에서는 단순히 영상에서 특정 물체를 검출 및 인식하는 컴퓨터 비전의 단계에서 더 나아가 검출한 이미지에 영상처리 기술을 이용하여 새로운 영상을 재창조 할 수 있는 시스템을 구축하고자 한다. 캐리커처 전문화

거나 일러스트레이터등 전문가들이 캐리커처를 제작방식은 대상의 얼굴 특징과 개인적인 특성을 잡아서 과장하거나 왜곡하는 방식으로 데생을 그리는 것이다. 캐리커처를 제작하는 방식에 있어서 캐리커처 제작 전문가들의 방식과 거의 유사한 방법으로 제작하기 위해 그림 1에 나타난 바와 같이 캐리커처 제작 시스템을 구현하였다.

입력 영상에서 피부색 정보와 템플릿 매칭을 이용하여 얼굴을 검출하였으며, 특정 얼굴 부위인 눈,코 및 입 등의 위치 좌표를 기하학적 특징 정보로 정의하여 추출하였다. 추출한 특징정보를

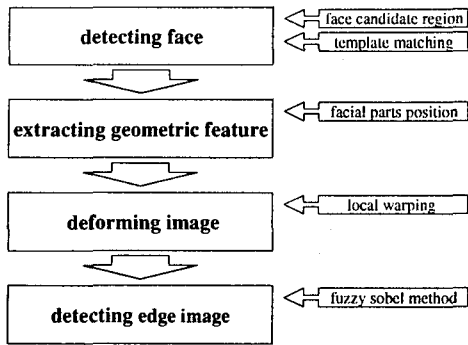


그림 1. 전체 시스템 개요

가지고 로컬 와핑 기법으로 얼굴 이미지를 변환하고 퍼지 윤곽선 검출 방법을 이용하여 변형된 얼굴의 윤곽선 이미지를 검출하는 것을 캐리커처를 제작하는 방법으로 제안하였다.

## 2. 얼굴 추출

사람 얼굴의 캐리커처를 제작하기 위해서는 입력영상에서 얼굴을 추출하는 단계가 선행되어야 한다. 일반적으로 입력 영상에서 얼굴을 추출하는 방법으로는 얼굴의 전체적인 패턴을 분석하여 얼굴을 추출하는 방법, 직관적인 상관관계로 추출하는 템플릿 매칭방법으로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 템플릿 매칭 방법을 이용하여 얼굴을 추출한다. 하지만 템플릿 매칭의 경우 단순한 알고리즘에 비해 전역탐색의 비효율성을 가진다. 계산량을 줄이기 위해 피부색의 R,G,B 색차값을 이용하여 얼굴 후보 영역을 먼저 선정하고, 선정된 영역내에서 템플릿 매칭 방법을 적용하여 얼굴을 추출하였다.

### 2.1 색차값을 이용한 얼굴 후보 영역 추출

얼굴 후보 영역 추출 알고리즘은 얼굴과 관련된 정보의 추출을 위한 기반 기술로서, 색조의 농도 차이를 이용해서 얼굴의 피부색을 추출한다. 본 논문에서는 RGB컬러 모델을 사용한다. 통계적 피부색 컬러 모델은 색채 컬러 공간에서 피부색값의 R, G, B 성분이 2D 가우시안 모델을 따른다고 가정하고 근사화시킨 모델이다. 그림 2의 (1), (2), (3)과 같이 피부색의 R-G, R-B, G-B 확률 이미지들의 조합으로 그림2의 (4)와 같은 얼굴후보 이미지를 추출하였다. 확률함수는 일차원 가우시안 확률밀도함수를 사용하였다.

$$f_x(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{(-x-m)^2/2\sigma}$$

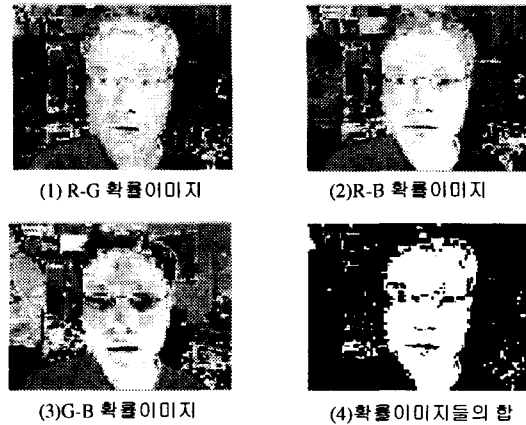


그림 2. R-G-B 확률 이미지



그림 3. 전처리 과정

$x$ 는 정규화된(normalized)된 R과 B의 (R-G, G-B)의 색차값이며  $m$ 은 평균값(mean),  $\sigma$ 는 분산(variance)이다. 확률 이미지가 조명 변화에 민감하지 않게 하기 위해서 빛의 세기와 방향을 다양하게 변화시키면서 추출한 색차값을 정규화(normalized)과정을 거쳐 평균값과 분산을 구하였다. 정규화 과정을 거치는 이유는 제한된 환경에서 벗어나더라도 얼굴후보영역을 찾을 수 있기 때문이다. 그림2의 (4)에서 다시 얼굴 후보영역을 추출하기 위해서는 그림3에서와 같이 침식(erosion)과 확장(dilation)을 사용하여 잡음을 제거하여 라벨링(labeling)과정을 거쳐 적당한 넓이와 가로축 및 세로축의 크기비를 가지는 영역을 얼굴 후보영역으로 선택하는 전처리 과정을 거친다. 템플릿매칭을 이용한 얼굴추출과정은 입력 영상의 전 영역을 탐색하는 것이 아니라 선택된 얼굴후보영역을 탐색하는 것이다.

### 2.2 템플릿 매칭을 이용한 얼굴 검출

템플릿 매칭은 영상에서 찾고자하는 대상 이미지를 분리하는데 사용된다. 영상에서는 샘플 이미지를 가지고 소스 이미지에서 샘플 이미지와

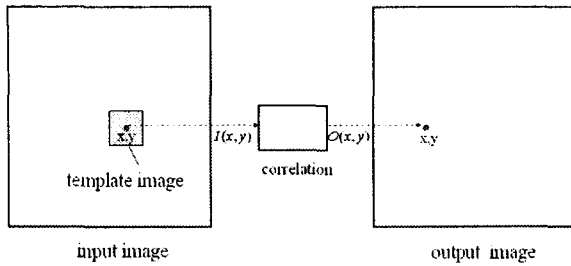


그림 4. 템플릿 매칭 과정



그림 5. 템플릿 이미지

유사한 물체를 인식시키거나 찾을 때 이용한다. 템플릿 매칭을 사용하기 위한 조건은 템플릿 이미지의 표준편차 값이 소스 이미지의 표준편차 값에 비하여 충분히 작아야 한다. 템플릿 매칭 과정은 그림 4와 같다. 템플릿 이미지를 소스 이미지의 전 위치를 따라 움직여 가면서 그 위치에서 템플릿 이미지와 얼마나 잘 매칭이 되는지를 나타내는 인덱스 값(numerical index)을 계산하는 것이다. 이 인덱스 값을 계산하는 방법으로 본 논문에서는 SAD(Sum of Absolute Difference)를 사용하였다[2].

$$SAD(x, y) = \sum_{v=0}^{ulen} \sum_{u=0}^{ulen} |R(u, v) - S(x+u, y+v)|$$

여기서  $R$ 은  $(ulen+1) \times (ulen+1)$  크기의 템플릿 이미지고,  $S$ 는  $x \times y$  크기의 이미지다. 소스 이미지는 선택된 얼굴후보 영역이고, 템플릿 이미지는 30명의 성인남성의 정면 얼굴을 합쳐 만든 그림 5에 있는 평균 이미지( $64 \times 64$ )를 사용하였으며 ( $48 \times 48$ )에서 ( $80 \times 80$ )사이를 5개로 나누어 각각의 크기를 가지는 이미지를 축소 및 확대 한 후 템플릿 매칭 과정을 이루었다.

### 3. 얼굴의 기하학적 정보 추출

얼굴의 기하학적 정보란 눈, 코, 입, 눈썹의 크기 및 상대적인 위치 관계, 양쪽 귀 사이의 거리, 턱선의 모양 정보들을 통칭하는 말이다. 본 논문에서는 그림 6의 (1)과 같은 형태로 눈, 코 및 입의 위치 좌표를 찾아 각 지점들의 중점좌표 6개를 찾는 것을 목적으로 한다. 각각의 얼굴 부위를 찾기 위해서 전 단계에서 추출한 얼굴 이미지에서 눈, 코 및 입에 해당하는 템플릿 이미지를 이

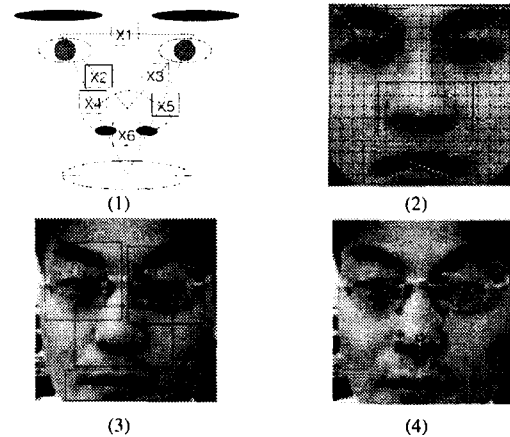


그림 6. 얼굴의 기하학적 정보추출 및 예

용하여 찾는다. 각각의 얼굴 부위(눈, 코 및 입)의 템플릿 이미지로는 그림 6의 (2)에서처럼 평균 이미지를 이용하여 선정하였다. 얼굴의 기하학적 정보에서 얻은 얼굴 각 부위의 지점들의 중점들의 좌표를 이미지 변형단계에서 로컬 와핑의 제어지점들(control points)로 사용하였다.

### 4. 로컬와핑을 이용한 이미지 변형

영상의 변환에는 확대, 축소, 이동, 회전등의 단순한 처리 기법에서부터 이들의 조합으로 변환할 수 있는 Affine Transformation, Bilinear Transformation, Perspective Transformation 등이 있다[3].

본 논문에서는 얼굴 영상 이미지 전체를 변환하고자 하는 것이 아닌 특정 부위만(눈, 코, 입 및 얼굴의 형태등)을 과장하거나 왜곡된 이미지로 바꾸는 것을 목적으로 한다. 로컬 와핑(local warping)의 한 방법으로 Alex Warp를 이용하였다. Alex Warp는 두개의 제어지점에 의해 일정영역이 지정되고 다시 지정된 영역에서는 그림7의 (1)과 같이 네 개의 지역으로 분할되어 각각이 사변형 모양에서 정사각형 모양으로 변환된다. 그림7의 (2)와 (3)에 각각 와핑전·후의 이미지와 부분 이미지들의 변환전·후의 모습이 나타나 있다. 본 논문에서는 얼굴의 기하학적 정보 추출 단계에서 구한 6개의 제어지점들과 평균 이미지의 기하학적 정보 추출 단계에서 구한 6개의 제어지점들을 이용하여 영상을 변환하였다. 변환된 이미지의 예가 그림 7의 (4)와 같다.

### 5. 윤곽선 이미지 검출

윤곽선이란 영상 안에서 영역의 경계를 나타내는 특징으로 픽셀 밝기의 불연속 점 혹은 픽셀의 밝기가 급격히 변하는 점을 나타낸다. 고전적인 윤곽선을 구하는 방법으로는 영상에서의 그래디

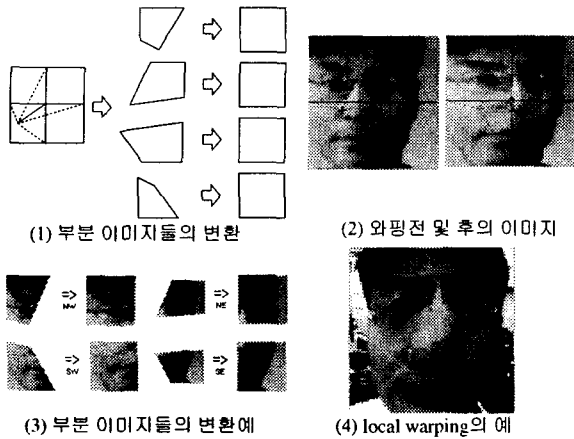


그림 7. 로컬 와핑 및 변형된 이미지들

엔트(gradient)의 크기를 구하면 윤곽선을 구할 수 있다. 대표적인 방법으로 Prewitt 방법[5]과 Sobel 방법[5]이 있으나 두 방법은 윤곽선 검출에 있어서 두 가지 결점이 있다. 첫째로는 추출된 윤곽선 이미지가 뚜렷하지 않으며 작은 명암의 차이는 검출하지 못하는 점이며, 다른 하나는 문턱 값 선정에 있어서인데 더 좋은 윤곽선 이미지를 얻기 위해서 시행착오의 반복을 통해서 선정해야 하는 점이다. 그래서 본 논문에서는 개선된 윤곽선 이미지를 검출하기 위해서 퍼지 윤곽선 검출 방법[4]을 사용하였다. 퍼지 윤곽선 검출 과정은 다음과 같다. 먼저 원 영상의 difference histogram을 다음 식을 통해 구한다

$$d(x, y) = \max(I(x, y) - I(x+i, y+j))$$

$I(x, y)$ 는  $(x, y)$ 에서의 픽셀값이며  $I(x+i, y+j)$ 는 이웃한 8개 픽셀값이다. 다음으로 4개의 문턱 값 (LT(Low Threshold), HL(High Limit), LL(Low Limit), HT(High Threshold))을 선정한다. 4개의 문턱 값 선정 후 2개의 퍼지집합 SF (픽셀값의 변화가 작은 집합) 및 EF(픽셀값의 변화가 큰 집합)를 다음 식에 의해 선정한다.

$$\mu_{SF}(S(x, y)) = \frac{LL - S(x, y)}{LL - LT}$$

$$\mu_{EF}(S(x, y)) = \frac{LH - S(x, y)}{HL - HT}$$

단,  $S(x, y)$ 는 원 영상의 sobel 그래디언트 결과이다. 퍼지 윤곽선 검출 방법의 출력  $R(x, y)$ 는 다음의 퍼지 규칙에 의해 정해진다.

$$R(x, y) = \begin{cases} 255, & S(x, y) \geq HT; \\ 0, & S(x, y) \leq LT; \\ S(x, y) < \max(\mu_{SF}(S(x, y)), \mu_{EF}(S(x, y))), & otherwise \end{cases}$$

## 6. 결론

본 논문에서는 입력영상에서 얼굴을 추출하는

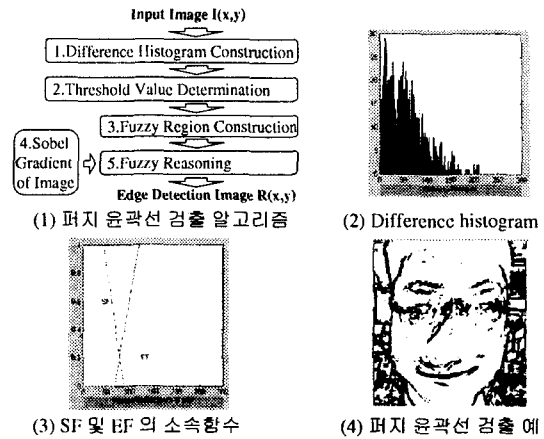


그림 8. 퍼지 윤곽선 검출 방법

단계에서 더 나아가 영상에서 추출된 얼굴의 캐리커처 이미지를 생성할 수 있는 시스템을 구현하였다. 영상의 전역 변환이 아닌 지역 변환(local warping)을 통해서 얼굴의 기하학적 정보를 이용하여 얼굴의 특정부분만 변환함으로써, 얼굴의 특정 부위를 과장하거나 왜곡하여 나타내는 캐리커처 전문가들의 제작방식과 유사하게 구현할 수 있었다. 또한 퍼지 윤곽선 검출방법을 이용하여 더욱 개선된 윤곽선 이미지를 구할 수 있었다.

## 7. 참고문헌

- [1] K.Murakami and M.Tominaga, "Dynamic Facial Caricaturing System Based on the Gaze Direction of Gallery", 2000.Proceedings. Fourth IEEE International Conference on, Page(s): 136 - 141
- [2] S.Nassif and D.Capson, "Real-time template matching using cooperative windows", IEEE 1997 Canadian Conference on, Page(s):391 - 394 vol.2
- [3] George Wolberg, "Digital Image Warping", IEEE Computer Society Press, 1992
- [4] Y.H Kuo and C.S. Lee, "A new fuzzy edge detection method for image enhancement", Proceedings of the Sixth IEEE International Conference on, Volume:2, page(s)1069 - 1074 vol2
- [5] Gonzalez Rafael C, "Digital Image Processing", Addison-Wesley, 1992