

# 로컬 와핑 및 윤곽선 추출을 이용한 캐리커처 제작

## Caricaturing using Local Warping and Edge Detection

최성진 · 배현 · 김성신 · 우광방\*

Sung-Jin Choi, Hyeon Bae, Sungshin Kim, and Kwang Bang Woo\*

부산대학교 전기공학과, \*연세대학교 자동화기술연구소

### 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 제작 방법으로는, 입력 이미지 좌표의 통계적인 차이 값을 이용하는 PICASSO 시스템 방법, 제작자의 애매한 느낌을 퍼지 논리를 이용하여 표현하는 방법, 이미지를 와핑하는 방법, 여러 단계의 벡터 필드 변환을 이용하는 방법 등이 연구되어 왔다. 본 논문에서는 실시간 또는 준비된 영상을 입력으로 받아 저장한 후, 네 단계의 과정으로 처리한 후 최종적으로 캐리커처된 이미지를 생성하게 된다. 각 단계별 처리 내용으로는 첫 번째 단계에서는 영상에서 얼굴을 검출하고 두 번째 단계에서는 특정 얼굴부위의 기하학적 정보를 좌표 값으로 추출한다. 세 번째 단계에서는 전 단계에서 얻은 좌표 값으로 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.

### Abstract

A general meaning of caricaturing is that a representation, especially pictorial or literary, in which the subject's distinctive features or peculiarities are deliberately exaggerated to produce a comic or grotesque effect. In other words, a caricature is defined as a rough sketch(dessin) which is made by detecting features from human face and exaggerating or warping those. There have been developed many methods which can make a caricature image from human face using computer. In this paper, we propose a new caricaturing system. The system uses a real-time image or supplied image as an input image and deals with it on four processing steps and then creates a caricatured image finally. The four processing steps are like that. The first step is detecting a face from input image. The second step is extracting special coordinate values as facial geometric information. The third step is deforming the face image using local warping method and the coordinate values acquired in the second step. In fourth step, the system transforms the deformed image into the better improved edge image using a fuzzy Sobel method and then creates a caricatured image finally. In this paper, we can realize a caricaturing system which is simpler than any other exiting systems in ways that create a caricatured image and does not need complex algorithms using many image processing methods like image recognition, transformation and edge detection.

**Key Words** : Face detect, template matching, warping, fuzzy, edge detection

### 1. 서 론

컴퓨터와 멀티미디어 기술의 발전으로 디지털 영상처리(digital image processing)기술 및 컴퓨터 비전(computer vision)에 대한 관심이 날로 증가하고 있으며, 이에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 영상에서 특정 물체의 검출이나 인식을 위한 알고리즘 연구나 이에 대한 하드웨어의 성능을 개선하기 위한 예가 이에 해당한다. 한편, 상용 PC와 인터넷의 저변확대로 인하여 아바타(avatar)나 개인얼굴의 캐

리커처에 대한 관심이 증가하고 있으며, 이에 대한 문화 상품으로써 가치를 인정하고 많은 투자와 연구가 이루어지고 있다.

캐리커처의 일반적인 의미는 어떤 사람이나 사물의 특징을 추출하여 익살스럽게 풍자한 그림이나 글이다. 미술학에서 정의하는 캐리커처란 사람의 얼굴에서 특징을 잡아서 과장하거나 왜곡하여 그린 데생(dessin)이라고 한다. 캐리커처 전문화가나 일러스트레이터 등 전문가들이 캐리커처를 제작하는 방식은 대상의 얼굴 특징과 개인적인 특성을 잡아서 과장하거나 왜곡하는 방식으로 데생을 그리는 것이다.

본 논문에서는 단순히 영상에서 특정 물체를 검출 및 인식하는 컴퓨터 비전의 단계에서 더 나아가 검출한 이미지를 가지고 영상처리 기법을 이용하여 캐리커처나 아바타로 활용될 수 있는 가치를 지닌 새로운 이미지를 재창조 할 수 있는 시스템을 구축하고자 한다. 캐리커처를 제작하는 방식에 있

접수일자 : 2003년 3월 14일

완료일자 : 2003년 7월 27일

본 연구는 부산대학교 연구비(4년과제)에 의하여 지원된 연구임.

어서 캐리커처 전문가들의 방식과 거의 유사한 방법으로 제작하기 위해서 그림 1에 나타난 바와 같이 캐리커처 제작 시스템을 구현하였다. 본 논문에서 제안한 캐리커처 제작 시스템(caricaturing system)은 네 단계의 과정으로 처리 한 후 최종적으로 캐리커처된 이미지를 생성하게 된다. 각 단계별 처리 내용으로는 첫 번째 단계에서는 제공되어지거나 실시간에서 잡힌 입력 이미지에서 얼굴을 검출하고 두 번째 단계에서는 얼굴의 기하학적 정보를 좌표 값으로 추출한다. 세 번째 단계에서는 전 단계에서 얻은 좌표 값으로 부분 변환 기법을 이용하여 이미지를 변환한다. 마지막 네 번째 단계에서는 변형된 영상으로 퍼지 논리를 이용하여 보다 개선된 윤곽선 이미지로 변환하여 캐리커처 이미지를 얻는다. 그림 1은 전체 시스템 개요를 보여준다.

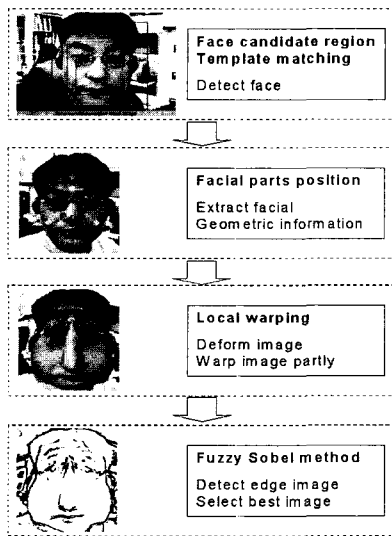


그림 1. 시스템 구성.  
Fig. 1. System configuration.

컴퓨터를 이용한 기존의 캐리커처 제작 시스템의 연구는 아직 영상 처리나 컴퓨터 비전의 다른 분야에 비해서 많이 진척되지 않은 상태이나 이미 상당수 많은 방법이 연구되어지고 있다. 얼굴 윤곽선의 좌표들의 통계적인 차이 값을 이용하여 캐리커처 이미지를 생성하는 PICASSO System[1], 여러 번의 복잡한 벡터 필드 변환을 통하여 캐리커처 이미지를 생성하는 방법[2], 제작자가 캐리커처 대상으로부터 느끼는 애매한 느낌을 퍼지 논리로 구현하여 미리 준비된 템플릿으로 조합하여 캐리커처 이미지를 생성하는 방법[3], 그리고 CCD 카메라에서 사람의 얼굴을 검출 및 인식하여 단순한 와핑 기법을 이용하여 캐리커처 이미지를 생성하는 방법[4], 와핑 및 모핑을 통한 이미지 왜곡으로 캐리커처 이미지를 생성하는 방법[5] 등이 연구 되어왔다.

본 논문에서 제안한 캐리커처 시스템에서는 그림 1에 제시된 것과 같이 먼저 입력 이미지에서 얼굴의 검출이 선행되어야 한다. 입력 이미지에서 얼굴을 검출하는 방법으로는 사전지식을 기반으로 눈의 위치와 얼굴영역을 찾는 방법과 컬러공간을 정규화된 HSV(hue, saturation, velocity)공간으로 변환 후 피부색정보를 이용하여 얼굴영역을 추출하는 방법이 있다. 하지만 이 방법은 배경 색이 피부색과 비슷할 경우 정확한 얼굴영역을 추출하기에 많은 어려움이 따른다. 이런 단점을 개선하기 위해 제안된 방법이 얼굴의 이동정보를 추가하는 것이다[6]. RGB 색차공간을 정규화된 YCrCb(국제

비디오 디지털 규격)공간으로 변환 후 피부색정보를 신경망의 입력으로 하여 추출하는 방법[7], 2차원 가우시안 밀도함수를 이용하여 입력영상에서 얼굴이 존재할 확률이 가장 높은 영역을 찾는 방법[8], 템플릿이미지를 입력영상 전역을 탐색하면서 차이를 구해 템플릿과 가장 유사한 영역을 얼굴영역으로 추출하는 템플릿매칭을 이용한 방법[9] 등 다양한 방법으로 접근하고 있다. 영상의 기하학적 변환의 방법에는 여러 가지가 있는데, 그 중 선형 변환인 Affine 변환, Bilinear 변환, Perspective 변환 등이 있으며 이들은 이미지의 전역 변환된 이미지를 생성한다. 얼굴의 특정 부분만을 로컬 와핑 방법을 사용하여 여러 가지 표정을 만드는 방법도 연구되었다[10]. 윤곽선 이미지를 검출하는 방법은 여러 가지가 있으며[11], 퍼지 논리를 이용하여 개선된 윤곽선을 검출하는 방법으로 퍼지 Sobel 윤곽선 검출 방법이 있으며[12] 그 외에 퍼지 논리를 이용하여 윤곽선을 구하는 방법도 있다[13].

## 2. 얼굴 추출

사람 얼굴의 캐리커처를 제작하기 위해서는 입력영상에서 얼굴을 추출하는 단계가 선행되어야 한다. 일반적으로 입력영상에서 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 RGB 색차값을 이용하여 얼굴 후보 영역을 먼저 선정하고, 선정된 영역 내에서 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 피부색갈의 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.

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

$x$ 는 정규화된(normalized)된 R과 B의 (R-G, G-B)의 색차값이다. 정규화 과정을 거치는 이유는 제한된 환경에서 벗어나더라도 얼굴후보영역을 찾을 수 있기 때문이다. 그림 2(d)와 같은 얼굴 후보영역을 추출하기 위해서는 그림 3에서와 같이 침식(erosion)과 확장(dilation)을 사용하여 잡음을 제거하여 라벨링(labeling)과정을 거쳐 적당한 넓이와 가로축 및 세로축의 크기 비를 가지는 영역을 얼굴 후보영역으로 선택하는 전처리 과정을 거친다. 템플릿매칭을 이용한 얼굴추출과정은 입력 영상의 전 영역을 탐색하는 것이 아니라 선택된 얼굴후보영역을 탐색하는 것이다.

#### 2.1.1 침식(Erosion)

침식연산이란 모폴로지(morphology) 기법의 한 종류로써 물체에 대해 배경을 확장시키고 물체의 크기를 축소시키는

것이다. 침식연산은 주로 물체와 배경 사이의 노이즈 제거와 같이 전체 영상에서 아주 작은 물체를 제거하거나 또는 전체 영상에서 배경확장에 따른 물체를 축소하는 역할을 한다. 연산의 과정은 마스크 연산에 의해 물체의 최 외각 픽셀의 명도 값을 0으로 대체시키는 것이다. 바이너리 이미지의 침식연산에서, 검은색의 배경은 확장되고 물체로 정의된 흰색영역은 축소된다.

2.1.2 확장(Dilation)

확장 연산은 물체의 최 외각 픽셀을 확장하는 역할을 한다. 그러므로 물체의 크기는 확장되고 배경은 축소된다. 확장연산은 물체의 안의 홀과 같은 빈 공간을 메우는 역할을 하거나 설 짧은 거리만큼 끊어진 영역을 연결시켜준다. 확장연산 과정은 마스크 연산에 의해 물체의 최 외각 픽셀을 확장시키는 것이다. 바이너리 이미지에서의 확장 연산은 검은색의 배경을 축소시키고, 흰색의 물체는 확장시킨다. 침식연산 후 확장연산을 적용시키면 물체의 크기 정보는 그대로 유지하면서 잡음을 쉽게 제거할 수 있다.

2.1.3 라벨링(Labeling)

라벨링 알고리즘은 영상처리, 인식의 많은 분야에서 물체의 크기, 위치, 방향성분을 추출하기 위해 많이 사용되어진다. 처리과정은 연결되어 있는 모든 화소에 같은 라벨을 붙이고, 다른 성분에는 다른 번호를 붙이는 것이다.

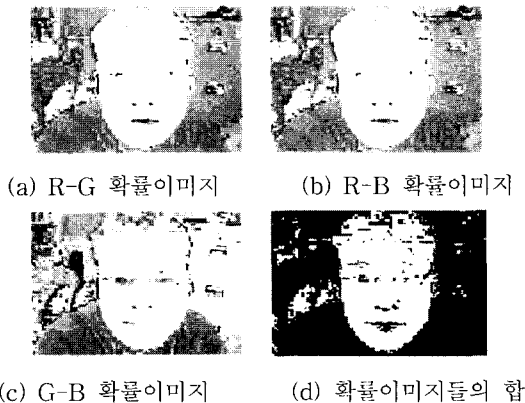


그림 2. R-G-B 확률이미지.  
Fig.. 2.. R-G-B probability image.

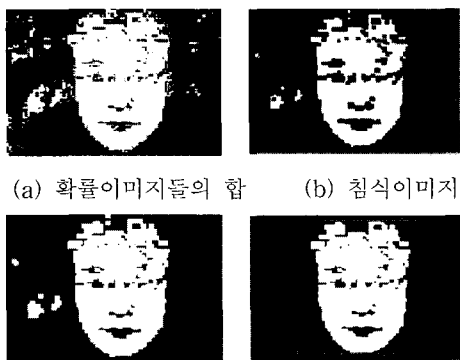


그림 3. 노이즈 제거를 위한 전처리.  
Fig. 3. Preprocessing for noise elimination.

라벨링 알고리즘을 적용하여 원하는 크기와 가로축 및 세로축의 크기 비를 가지는 영역을 제외한 나머지는 잡음(noise)으로 간주하고 제거하였다. 라벨링 알고리즘을 적용하여 추출한 영역이 최적의 얼굴후보영역이 된다.

2.2 템플릿 매칭을 이용한 얼굴 검출

템플릿 매칭은 영상에서 찾고자하는 대상 이미지를 분리하는데 사용된다. 영상에서는 샘플 이미지를 가지고 소스 이미지에서 샘플 이미지와 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 수치 지수(numerical index)를 계산하는 것이다. 이 지수 값을 계산하는 방법으로 본 논문에서는 SAD(Sum of Absolute Difference)를 사용하였다[2].

$$SAD(x, y) = \sum_{v=0}^{u_{len}} \sum_{u=0}^{v_{len}} |R(u, v) - S(x + u, y + v)| \quad (2)$$

여기서  $R$ 은  $(u_{len}+1) \times (v_{len}+1)$  크기의 템플릿 이미지고,  $S$ 는  $x \times y$  크기의 이미지다. 소스 이미지는 선택된 얼굴후보영역이고, 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.

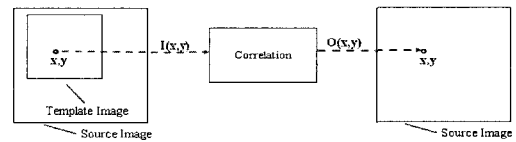


그림 4. 템플릿 매칭 과정.  
Fig. 4. Template matching process.



그림 5. 템플릿 이미지.  
Fig. 5. Template image.

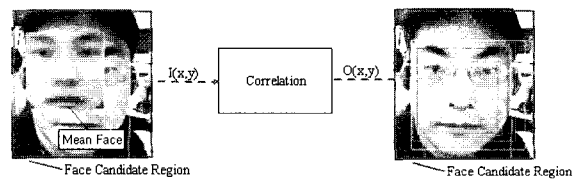


그림 6. 템플릿 매칭을 이용한 얼굴영역 추출.  
Fig. 6. Application to extract face regions.

### 3. 얼굴의 기하학적 정보 추출

얼굴의 기하학적 정보란 눈, 코, 입, 눈썹의 크기 및 상대적인 위치 관계, 양쪽 귀 사이의 거리, 턱 선의 모양 정보들을 통칭하는 말이다. 본 논문에서는 그림 7과 같이 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 이용하여 찾는다. 각각의 얼굴 부위(눈, 코 및 입)의 템플릿 이미지로는 평균 이미지를 이용하여 선정하였다. 얼굴의 기하학적 정보에서 얻은 얼굴 각 부위의 지점들의 중점들의 좌표를 이미지 변형단계에서 로컬 와핑의 제어 지점들(control points)로 사용하였다.

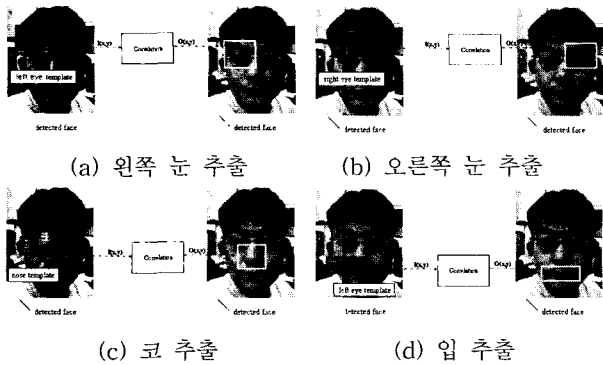


그림 7. 얼굴 부위 추출에 적용.

Fig. 7. Application to detect facial parts.

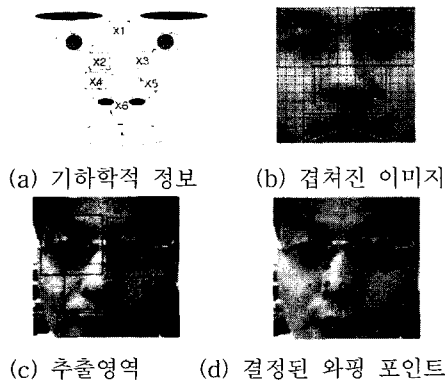


그림 8. 얼굴의 기하학적 정보추출 및 예  
Fig. 8. Extract geometric information of face.

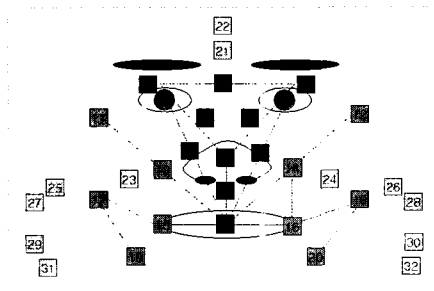


그림 9. 와핑 제어지점들.  
Fig. 9. Warping control points.

얼굴의 특정 부위의 위치를 좌표 값으로 얻은 후 이들 위치의 상대적인 거리비율을 이용하여 다른 여러 지점들의 좌표 값을 얻을 수 있다. 그림 8에서는 얼굴의 특정 부위의 위치 좌표를 이용하여 얻은 지점들과 이들의 상대적인 거리의 비율로 얻은 다른 28개의 지점들의 얼굴상에서 패치된 모습을 나타내고 있다. 이들은 다음 단계인 이미지 변형 단계에서 와핑 제어지점들로 사용되어 진다.



그림 10. 제어지점들의 적용 예.  
Fig. 10. Example image of control points.

### 4. 로컬 와핑을 이용한 이미지 변형

영상의 변환에는 확대, 축소, 이동, 회전등의 단순한 처리 기법에서부터 이들의 조합으로 변환 할 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 형태 등)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 그림 11의 (a)와 같이 네 개의 지역으로 분할되어 각각이 사변형 모양에서 정사각형 모양으로 변환된다. 그림 11의 (b)와 (c)에 각각 와핑 전·후의 이미지와 부분 이미지들의 변환 전·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 11의 (d) 와 같다.

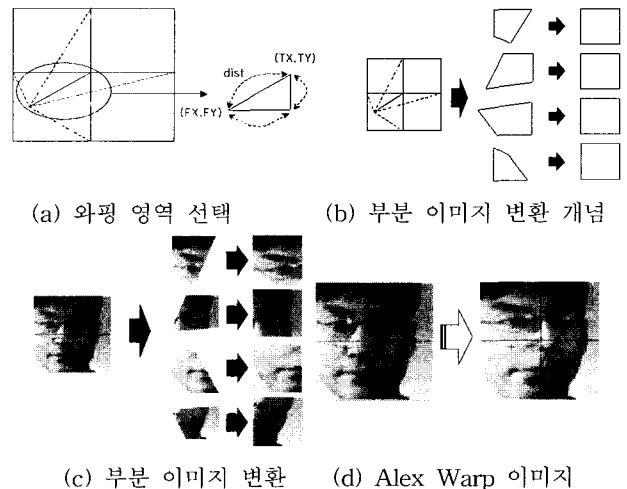


그림 11. 알렉스 와핑 알고리즘.  
Fig. 11. Alex Warp algorithm.

### 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 그라디언트(gradient)의 크기를 구하면 윤곽선을 구할 수 있다. 대표적인 방법으로 Prewitt 방법과 Sobel 방법이 있으나 두 방법은 윤곽선 검출에 있어서 두 가지 결점이 있다. 첫째로는 추출된 윤곽선 이미지가 뚜렷하지 않으며 작은 명암의 차이는 검출하지 못하는 점이며, 다른 하나로는 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 방법을 사용하였다. 퍼지 윤곽선 검출 과정은 다음과 같다. 먼저 원 영상의 difference histogram을 다음 식을 통해 구한다.

$$d(x, y) = \max(I(x, y) - I(x+i, y+j)) \quad (3)$$

$I(x, y)$ 는  $(x, y)$ 에서의 픽셀값이며  $I(x+i, y+j)$ 는 이웃한 8개 픽셀값이다. 다음으로 4개의 문턱 값(Low Threshold:  $LT$ , High Limit:  $HL$ , Low Limit:  $LL$ , High Threshold:  $HT$ )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.

$$\mu_{SF}(S(x, y)) = \frac{LL - S(x, y)}{LL - LT} \quad (4)$$

$$\mu_{EF}(S(x, y)) = \frac{LH - S(x, y)}{HL - HT} \quad (5)$$

여기서,  $S(x, y)$ 는 원 영상의 Sobel 그라디언트 결과이다. 퍼지 윤곽선 출력  $R(x, y)$ 은 다음의 퍼지 규칙으로 결정된다.

$$R(x, y) = \begin{cases} 255, & S(x, y) \geq HT \\ 0, & S(x, y) \leq LT \\ S(x, y) \times \max(\mu_{SF}(S(x, y)), \mu_{EF}(S(x, y))) & \end{cases} \quad (6)$$

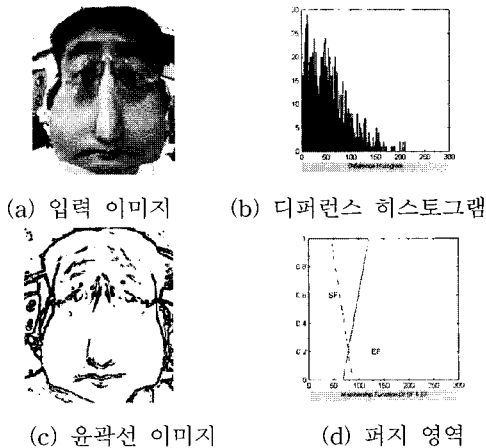


그림 12. 퍼지 논리를 이용한 외곽선 추출.  
Fig. 12. Edge detection using fuzzy logic.

### 6. 실험결과

#### 6.1 얼굴 추출

얼굴 추출과정은 피부색 정보와 가우시안 확률함수를 이용,

머리 얼굴 후보 영역을 선정하여, 얼굴 추출 시 후보 영역 내부를 탐색하므로 전역 탐색의 비효율성을 개선 할 수 있었다.



그림 13. 얼굴 추출 결과.  
Fig. 13. The result of face extraction.

#### 6.2 얼굴의 기하학적 정보 추출 및 변형

특정 얼굴 부위를 얼굴 부위의 템플릿을 이용하여 찾은 후, 얼굴의 기하학적 정보로 정의된 32개의 와핑 제어 지점들을 찾는다. 그런 후, 32개의 지점들을 이용하여 얼굴 이미지를 왜곡한다.



그림 14. 제어지점들 추출과 변형된 영상들.  
Fig. 14. Extraction of control points and warped images.

#### 6.3 윤곽선 검출

고전적인 윤곽선 검출 방법들과 비교하여 보였다. 비교적 다른 검출 방법에 비해서 잡음이 많이 생성되지 않으며 일반적인 Sobel 윤곽선 검출방법이나 Prewitt 윤곽선 검출 방법보다 윤곽선의 이미지가 뚜렷함을 보인다.

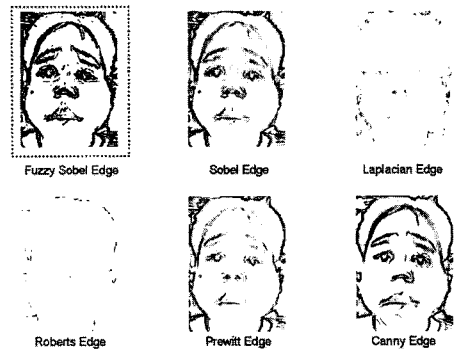


그림 15. 여러 가지 방법을 이용한 윤곽선 검출.  
Fig. 15. Edge images using several methods.

### 7. 결론

본 논문에서는 이미지를 이용하여 캐리커처를 생성하는

시스템을 구현하였다. 입력 이미지에서 얼굴을 추출하는 과정에서 전역적인 탐색의 비효율성을 줄이기 위해 색차 정보와 가우시안 함수를 이용하여 얼굴 후보 영역을 검출한 후 검출된 얼굴 후보 영역에서 템플릿의 매칭을 수행하였다. 추출된 이미지 왜핑을 위해 제어지점을 얼굴의 기하학적 정보라고 정의하고 특정 얼굴 부위인 양쪽 눈과 코 그리고 입의 위치 좌표 값들 및 이들의 상대적인 거리 비를 이용하여 32개의 왜핑 지점들을 찾았다. 본 논문에서는 추출된 얼굴 이미지 전체를 변환시키는 전역 왜핑이 아닌 얼굴의 모양이나 특정 부위를 과장되게 보이게 하거나 왜곡된 이미지로 변화시키는 로컬 왜핑을 적용하였다. 적용 알고리즘은 Alex Warp이다. 최종적으로 왜핑 후 윤곽선을 검출하기 위하여 퍼지 소벨 기법을 적용하였다. 이 방법은 다른 검출 방법보다 자연스러운 윤곽선 이미지를 추출하여 캐리커처의 느낌을 잘 표현하였다.

### 참 고 문 헌

[1] M. Tominaga, J.-I. Hayashi, K. Murakami and H. Koshimizu, "Facial caricaturing system PICASSO with emotional motion deformation," KES '98, vol. 2, pp. 205-214, 21-23 Apr 1998.

[2] A. Pujol, J.J. Villanueva and H. Wechsler, "Automatic view based caricaturing," 15th International Conference on Pattern Recognition, vol. 1, pp. 1072-1075, 2000.

[3] S. Iwashita and T. Onisawa, "A study on facial caricature drawing by fuzzy theory," Proceedings of the Sixth IEEE International Conference on Fuzzy Systems, vol. 2, 1-5, pp. 933-938, Jul 1997.

[4] M. Lyons, A. Plante, S. Jehan, S. Inoue and S. Akamatsu, "Avatar Creation using Automatic Face Recognition," ACM Multimedia 98, pp. 427-434, Sept 1998.

[5] N. Costen, I. Craw, T. Kato, G. Robertson and S. Akamatsu, "Manifold caricatures: on the psychological consistency of computer face recognition," Proceedings of the Second International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 4-9, 14-16, Oct 1996.

[6] Y. Shiga and H. Ebine and M. Ikeda, "Human face extraction based on color and moving information and the recognition of expressions," Canadian Conference on Electrical and Computer Eng., vol. 2, pp. 1100-1108, 2000.

[7] H. Ishii and M. Fukumi, "Face detection based on skin color information in visual scenes by neural networks," IEEE SMC '99, pp. 350-355, 1999.

[8] B. Moghaddam and A. Pentland, "Probabilistic Visual Learning for Object Representation," IEEE SMC '99, vol. 19, pp. 696-710, July 1997.

[9] S. Nassif and D. Capson, "Real-Time Template Matching Using Cooperative Windows," IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, vol. 2, pp. 391-394, 1997.

[10] D. T. Lin and H. Huang, "Facial expression

morphing and animation with local warping methods," International Conference on Image Analysis and Processing, pp. 594-599, 1999.

[11] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, Digital Image Processing, Prentice Hall, 2002.

[12] S. E. El-Khamy, M. Lotfy and N. El-Yamany, "A modified fuzzy Sobel edge detector," 17th NRSC '2000, pp. C32/1-C32/9, 2000.

[13] C.-Y. Tyan and P. P. Wang, "Image processing-enhancement, filtering and edge detection using the fuzzy logic approach," Second IEEE International Conference on Fuzzy Systems, vol. 1, pp. 600-605, 1993.

### 저 자 소 개

#### 최성진 (Sung Jin Choi)

2001년 : 부산대학교 전기공학과 졸업 (공학사)  
2001년~현재 : 부산대학교 전기공학과 석사과정

관심분야 : 이미지 프로세싱

#### 배현 (Hyeon Bae)

2001년 : 부산대학교 전기공학과 졸업 (공학석사)  
2001년~현재 : 부산대학교 전기공학과 박사과정

관심분야 : 지능제어, 퍼지 논리, 공정자동화



#### 김성신 (Sungshin Kim)

1986년 : 연세대학교  
전기공학과 졸업(공학석사)  
1996년 : Georgia Institute of Technology  
전기공학과 졸업(공학박사)  
1998년~현재 : 부산대학교 전기공학과  
조교수

관심분야 : 지능제어, 데이터 마이닝

Phone : +82-51-510-2374

Fax : +82-51-513-0212

E-mail : sskim@pusan.ac.kr



#### 우광방 (Kwang Bang Woo)

1959년 : 연세대학교  
전기공학과 졸업(공학석사)  
1964년 : Oregon State University  
전기공학과 졸업(공학박사)

2001~현재 : 연세대학교  
자동화기술연구소 연구교수

관심분야 : 자동제어, 공정최적화

Phone : +82-2-2123-3555

Fax : +82-2-362-7611

E-mail : kbwoo@yonsei.ac.kr