

얼굴 이미지에서 입 영역 분할

Locating and Extracing the Mouth in Human Face Images

최정일*, 김수환**, 이필규***
 Jung-il Choi, Su-hwan Kim, Phill-kyu Rhee

요약 본 논문은 매개변수 템플릿으로 알려진 가변 형판(deformable template)을 사용하여 얼굴의 주요 구성 요소인 입 영역을 분할하는 방법을 제안한다. 가변 형판의 에너지 함수는 이미지 명암값(intensity), 연결(links), 에지(edges), 피크(peaks), 밸리(valleys) 등의 식으로 정의된다. 이 템플릿은 에너지 함수를 최소화하도록 매개변수들의 값을 변경함으로써 자신을 최적화하면서 변형된다. 이 최적화된 템플릿의 매개변수들의 값은 특징으로 사용된다. 우리는 이 가변 형판의 매개변수들의 초기값과 범위를 전처리를 통하여 구하여 시행시간을 줄이고 정확한 입 영역을 분할하는 방법을 제안한다.

주제어 : 얼굴 구성요소 분할, 가변형판, 얼굴인식, 에지검출, 밸리

Abstract We proposed a method for locating of mouth using deformable templates, described by a parameterized template. An energy function is defined which links, edges, peaks, valleys in image intensity to corresponding properties of the template. The template deforms itself by altering its parameter values to minimize the energy function. The minimized energy function's parameter values can be used as descriptors for the feature. We propose a method for locating mouth fast, accurately by limiting a range of parameters' value and getting initial value of parameters' by preprocessing.

Keywords : Facial Feature Extraction, Deformable Template, Face Recognition, Edge Detection, Valley

1. 서론

얼굴 인식 시스템을 개발하는 것은 어려운 일이다. 사람은 쉽게 사람의 얼굴을 구별할 수 있지만, 컴퓨터

가 인간의 이런 능력을 흉내내는 것은 쉽지 않기 때문이다. 얼굴 인식 시스템에서 얼굴인식을 위하여 얼굴의 중요한 특징을 추출하는 것은 매우 중요한 일이다. 이런 얼굴 인식은 보안 시스템, 범죄자 인증, 원격 회의 등 많은 응용범위를 갖는다. 얼굴의 특징은 측면 얼굴, 혹은 정면 얼굴의 이미지에서 추출할 수 있다. 측면 얼굴의 경우[1,2]는 특징점 사이의 거리, 영역, 각, 곡면 등을 포함하는 특징벡터가 추출된다. 정면 얼굴에서 추출할 수 있는 중요한 특징으로는 눈썹, 눈, 코, 입 등이 포함된다. 본 논문은 정면 얼굴의 이미지를 이용한다. 정면 얼굴의 특징을 추출 방법은 현재까지 에지 검출과 이미지 분할(segmentation)에 의한 많은 연구에도 불구하고 어려운 일이다. 현재까지 연구된 에지 검출기들은 눈, 입 등의 경계선과 같은 특징을 찾는데 신뢰할 수 없다. 이 문제는 대부분의 에지 검출기가 가정하는 명암값의 이상적인 변화가 눈이나 입의 에지에서는 드

* 1996년 인하대학교 전자계산공학과 졸업(학사)
 1996년 ~ 현재 인하대학교 전자계산공학과 (석사)
 관심분야 : 영상 처리, 지능형 유저 인터페이스

** 1997년 인하대학교 전자계산공학과 졸업(학사)
 1997년 ~ 현재 인하대학교 전자계산공학과 (석사)
 관심분야 : 영상 처리, 지능형 유저 인터페이스

*** 1982년 서울대학교 전기공학과 졸업(학사)
 1986년 East Texas State University Computer Science 졸업 (석사)
 1990년 Univ. of SW Louisiana Computer Science 졸업 (박사)
 1982년~1985년 시스템공학 연구소 연구원
 1991년~1992년 한국전자통신 연구소 선임 연구원
 1993년~1994년 IBM T.J. Watson Research Center 객원 연구원
 1992년~1996년 인하대학교 전자계산공학과 조교수
 1996년~현재 인하대학교 전자계산공학과 부교수
 관심분야 : 문자인식, 영상 처리, 지능형 유저 인터페이스

물기 때문이다. 더욱이 지역적인 에지 정보를 전역적인 에지로 구성하는 것은 어려운 일이다. 그래서 기하학적 모양을 갖는 눈과 입은 가변 형판을 사용하여 특징을 추출하고[3,4], 이보다 다양한 모양을 지니는 눈썹, 코, 얼굴은 능동 윤곽(active contour)을 사용하여 특징을 추출하는 접근이 시도되었다[4].

본 논문은 정면 얼굴의 특징을 찾는 방법으로 가변 형판을 사용한다. 이 방법은 검출(detection)을 수행하는데 지침으로, 미리 알려진 모양 정보를 표현하는 매개변수의 집합으로 정의된 형판을 사용하는 것이다. 이 형판은 자신을 주어진 정보에 맞추기 위하여 크기, 방향 등의 매개변수들의 값을 변경한다. 더 이상 매개변수들의 값의 변화가 없을 때 이 매개변수들의 값은 특징으로 사용된다. 가변 형판은 명암값(intensity), 에지(edges), 피크(peaks), 밸리(valleys) 등으로 형판을 정의한다. 이 에너지함수의 최소일 때의 매개변수들의 값은 찾으려는 모양을 가장 잘 설명하는 특징이 된다. 형판의 매개변수들의 값은 급강하에 의해 변경되는데 이는 매개변수 공간에서 패스를 따라 변하는 것에 해당한다. 이 방법은 최적의 일치점을 찾기 위하여 매개변수 공간을 샘플링하는 상당한 계산량을 필요로 하는 전통적인 템플릿 매칭 방법과 대조된다.

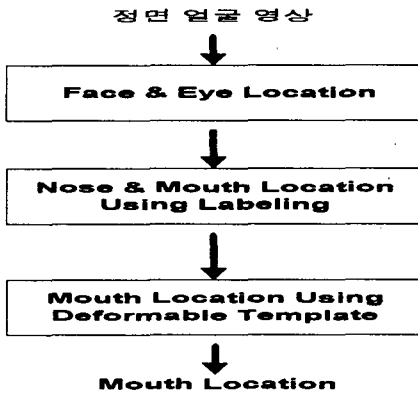


그림 1. 입 영역 검출 블록도

우리는 이 가변 형판의 매개변수들의 초기값과 그 값의 범위를 전처리를 통하여 구하여 보다 빠르고 정확한 입 영역을 찾는 방법을 제안한다. 본 논문의 입 영역 추출은 크게 전처리를 통한 예상 입 영역을 구하여 가변 형판의 매개변수들의 값을 초기화하고 가

질 수 있는 값의 범위를 설정하는 단계와 위 단계에서 구한 정보를 이용하여 가변 형판이 정확한 입 영역을 구하는 단계로 나눈다.

2. 얼굴 영역 및 눈동자 중심 검출

2.1 정의

입력되는 영상 이미지를 $x-y$ 좌표평면으로 간주할 때 점 P 와 영역 R 를 다음과 같이 정의한다. 점 P 는 $P=(x,y)$ 와 같이 정의하고 $P.x$ 는 점 P 의 x 좌표를 말하며 $P.y$ 는 점 P 의 y 좌표를 말한다. 영역 R 은 $R=(l,t,r,b)$ 으로 정의되며 $R.l$ 은 영역 R 의 왼쪽 위치, $R.t$ 은 R 의 위쪽 위치, $R.r$ 은 R 의 오른쪽, $R.b$ 은 R 의 아래쪽 위치를 말한다.

2.2 얼굴 영역 및 눈동자 중심 검출

얼굴 영역 추출 과정은 전처리 과정을 거친 입력 영상을 모자이크 이미지로 만들고 템플릿 매칭에 의하여 얼굴의 위치를 찾는다[5]. 추출된 얼굴 위치는 검증의 과정을 거친 후 추출된 눈 후보 영역에서 눈동자 형판을 이용하여 눈 위치를 검증한다. 원 모양의 눈동자 형판을 구성하고, 이 형판을 변형하면서 눈동자의 위치를 검출하는 가변 틀 정합(deformable template matching) 방법을 이용한다. 초기 원모양의 눈동자 형판의 반지름(크기)은 눈 영역의 크기로부터 결정되고, 초기 위치는 눈 후보 영역의 중심으로 결정한다.

초기 눈동자 형판의 반지름

$$R = \text{눈영역의세로길이} \times t_1 \tag{식 1}$$

$$y = C_y \pm \sqrt{R^2 - (x - C_x)^2}, \quad x \in [C_x - R, C_x + R] \tag{식 2}$$

[식 2]는 원의 방정식으로 표현되며, C_x, C_y 은 눈동자의 중심을 나타내고, R 은 눈동자의 크기를 반영한다. 최적의 눈동자 형판을 찾기 위한 결정적인 요소로 작용하는 눈동자의 에너지 함수는 E_{total} 로 표현되며, 에너지 함수 값은 눈동자 형판 내부의 화소들에 의해 좌우된다. 눈동자 형판의 에너지 함수는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$E_{total} = \frac{1}{Area} \sum_{x=C_x-R}^{C_x+R} \sum_{y=L_{Bound}}^{U_{Bound}} N(x,y)$$

[식 3]

$Area$ 는 눈동자의 전체 영역의 면적을 나타내며, $UBound$ 는 눈동자의 위쪽 경계이고 $LBound$ 는 눈동자의 아래쪽 경계로 [식 4, 5]와 같이 정의된다.

$$UBound = C_y + \sqrt{R^2 - (x - C_x)^2}$$

$$x \in [C_x - R, C_x + R] \quad \text{[식 4]}$$

$$LBound = C_y - \sqrt{R^2 - (x - C_x)^2}$$

$$x \in [C_x - R, C_x + R] \quad \text{[식 5]}$$

$\sum_{x=C_x-R}^{C_x+R} \sum_{y=LBound}^{UBound} N(x,y)$ 는 눈동자 영역 이미지에서 눈동자 형판으로 둘러싸인 영역 내부의 각 점 (x,y) 에 위치한 눈동자 영역을 나타내는 화소의 수를 나타낸다. 세부적으로는 $E_{up}, E_{down}, E_{left}, E_{right}$ 를 따로 운영하여 위치 변환의 결정을 위한 정보로써 이용하고, E_{total} 을 형판 크기의 변환에 대한 정보로 이용한다. 형판을 변형하며 에너지 함수를 계산하여 최대의 에너지 함수를 갖는 위치를 검출해 낸다.

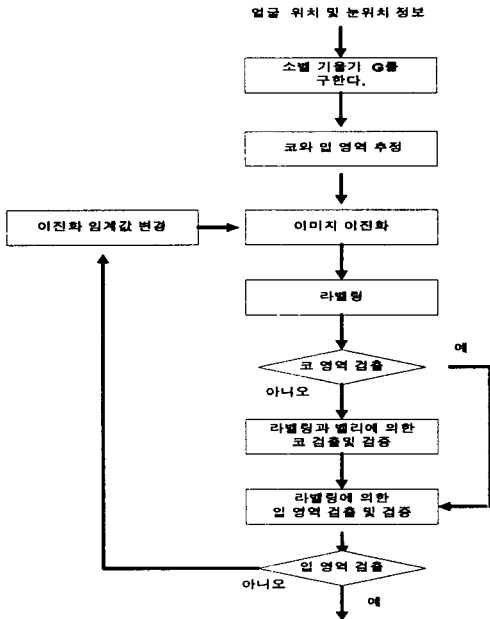


그림 2. 입 영역 검출의 블록도

3. 전처리

전처리 과정은 입력되는 얼굴 영상에서 가변 형판

의 매개변수들의 값을 초기화 및 범위를 정하기 위하여 얼굴 영역, 눈 영역, 코 영역, 라벨링에 의한 대략적인 입 영역을 검출하는 단계이다.

코와 입 영역 추출의 전체적인 과정은 그림 2와 같다. 우선, 검출된 얼굴 영역에 대해 소벨 기울기의 크기 G 를 구한다. 이 소벨 기울기의 크기 G 는 이진화 임계값에 의해 이진화된 에지 영상으로 출력된다. 에지가 추출된 영상에 대해 라벨링을 수행한다. 검출된 눈의 크기와 위치 정보에 의해 코가 포함될 영역과 입이 포함될 영역을 각각 추정한다. 추정된 각 영역에서 코 영역 후보와 입 영역 후보를 추출하고 검증한다. 조건에 맞는 입 영역이 없는 경우 이진화 임계값을 변화시켜 에지 추출 과정부터 다시 시작한다.

3.1 코와 입 영역 추정

추정되는 코와 입 영역은 그림 3과 같다. y_4 는 오른쪽 눈 영역의 중심과 왼쪽 눈 영역의 중심을 지나가는 직선이다. y_5, y_6, y_7 는 y_4 와 평행한 직선이고 y_1, y_2, y_3 은 y_4 에 수직인 직선이다. 그래서 왼쪽 눈 영역의 중심점을 $E_{left}=(x_1, y_1)$, 오른쪽 눈 영역의 중심점을 $E_{right}=(x_2, y_2)$ 로 정의하면 아래와 같은 직선의 식들을 구할 수 있다.

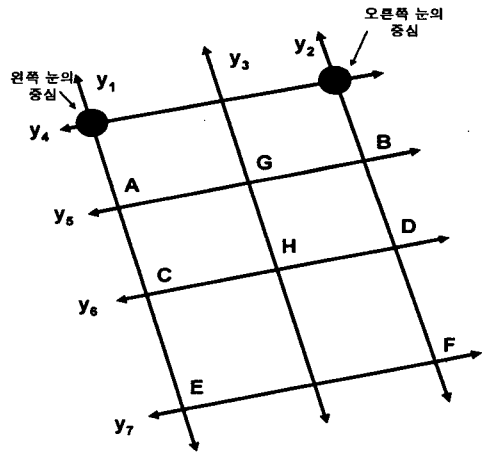


그림 3. 추정된 코와 입 영역

코로 추정되는 영역은 사각형 $ABDC$ 이고 입 영역은 사각형 $CDFE$ 가 된다.

3.2 이미지 이진화

에지 검출에는 소벨(Sobel)마스크가 사용되었다.

소벨 연산은 x 축 성분 G_x 와 y 축 성분 G_y 의 합으로 구성되며 이 소벨 마스크를 (x, y) 위치의 화소를 포함한 3×3 의 영역에 적용하여 에지에 해당되는지를 조사하는 과정으로 [식 6, 7]과 같다.

$$G_x = f(x+1, y-1) + 2f(x+1, y) + f(x+1, y+1) - f(x-1, y-1) - 2f(x-1, y) - f(x-1, y+1) \quad \text{[식 6]}$$

$$G_y = f(x-1, y+1) + 2f(x, y+1) + f(x+1, y+1) - f(x-1, y-1) - 2f(x, y-1) - f(x+1, y-1) \quad \text{[식 7]}$$

이 때 소벨 연산의 결과값 G 는 다음과 같이 계산된다.

$$G(x, y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad \text{[식 8]}$$

만일 주어진 이진화 임계값 T 에 대하여 $G > T$ 이면 화소 (x, y) 는 에지 상의 화소로 간주한다. 에지 추출 과정에서 에지에 해당하는 화소를 구별하기 위한 임계값 T 의 설정은 에지 추출 결과에 큰 영향을 미친다[6]. 본 논문에서 사용한 에지 추출 방법은 소벨 에지 연산을 기본으로 사용하였다. 소벨 연산의 결과값 G 가 클수록 에지일 가능성이 높은 성질을 이용하여 입 후보 영역에서 입 영역을 추출하기에 적당한 에지 영상을 추출하기 위해 다음과 같은 에지 추출 알고리즘을 사용하였다.

3.3 연결 영역 분할

구해진 에지 영상에 대해 라벨링을 수행한다. 라벨링(labeling)은 추출된 에지의 연결 상태를 추적하여 연결된 에지를 하나의 영역으로 구분하는 방법[6]으로 추정된 입 영역에서 연결성 있는 에지를 모아 집합을 만든다. 보통 라벨링 알고리즘은 4-연결 추적 알고리즘과 8-연결 추적 알고리즘으로 나누어진다[7].

X_1	X_2	X_3
X_8	X	X_4
X_7	X_6	X_5

그림 4. 라벨링에 사용되는 마스크

[알고리즘 1] 가변 임계치를 이용한 에지 추출 알고리즘

입력 : 에지 추출 영역, 임계값 T

출력 : 이진화된 에지 영상

방법 :

단계 1. 에지 추출 영역에 각 화소에 대해 소벨 기울기의 크기 $G(x, y)$ 를 구한다.

$$\text{단. } G(x, y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

단계 2. 소벨 기울기 $G(x, y)$ 의 분포도 C 를 구한다.

$C(v)$ 는 에지 추출영역에서 $G(x, y)$ 가 v 인 화소의 개수이다. 단, $0 \leq v \leq M$

단계 3. $S(v) > T$ 을 만족하는 가장 작은 v 를 찾는다.

$$\text{단. } S(v) = \sum_{i=0}^v C(i)$$

단계 4. 에지 추출 영역의 각 화소에 대해 소벨 기울기 $G(x, y)$ 임계값 v 보다 크면 에지로 간주한다.

4-연결 추적 알고리즘은 그림 4와 같은 3×3 마스크에서 중심 화소 X 를 중심으로 X_2, X_4, X_6, X_8 과 연결된 화소를 동일한 라벨로 할당하는 것으로 중심 화소 X 를 중심으로 X 와 연결된 화소는 모두 같은 라벨로 할당하는 8-연결 추적 알고리즘에 비해 시간이 적게 걸린다는 장점이 있으나, 복잡한 영상에서는 올바른 결과를 얻기 힘들다는 단점을 가지고 있다.

3.4 코와 입 영역 조건

얼굴영역에서 라벨링에 의해 구해진 라벨들은 추정된 코 영역과 입 영역에 존재하는 라벨에 대해서만 코와 입의 후보인지를 검사 받는다. 코 영역을 추출하는 것은 양쪽 콧구멍을 찾는 것과 동일하다. 추정된 코 영역에서 콧구멍의 후보 쌍을 찾는 방법은 다음과 같다. 우선 코 영역에 대해 알고리즘 1을 사용하여 에지를 추출한 후 라벨링을 수행한다. 우선 사각형 AGHC에서 한 개의 라벨링 영역 $L_{left} = (l_1, t_1, r_1, b_1)$ 을 선택하고 L_{left} 의 중심점 $C_{left} = (x_3, y_3)$ 를 구한 다음 사각형 BGHD에서 $L_{right} = (l_2, t_2, r_2, b_2)$ 이 되는 라벨링된 영역을 선택하고 그의 중심점 $C_{right} = (x_4, y_4)$ 를 구한다. 두 영역 L_{left} 과 L_{right} 이 콧구멍 후보 쌍이 되는 조건은 아래와 같다.

[조건] 콧구멍 후보 쌍이 되는 조건

1. $L_{left}.b \leq A \leq L_{left}.t, L_{right}.b \leq B \leq L_{right}.t$
 $A \cap B \neq \emptyset$
2. d_1 : 점 C_{left} 와 직선 y_3 사이의 거리
 d_2 : 점 C_{right} 와 직선 y_3 사이의 거리
 d_3 : 점 C_{left} 와 점 E_{left} 사이의 거리
 d_4 : 점 C_{right} 와 점 E_{right} 사이의 거리
 단. $|d_1 - d_2| < \alpha, |d_3 - d_4| < \beta,$
 $|(d_1 + d_3) - (d_2 + d_4)| < \gamma$

발견된 후보 쌍들 중에 α, β, γ 를 최소화하는 쌍이 후보로 정해진다.

입 영역을 찾는 방법은 코 영역을 찾는 방법과 비슷하게 수행된다. 추정된 입 영역 CDEF에 대해 에지 추출과 라벨링을 수행한 후 구해진 라벨링 영역중 한 개의 라벨링 영역 $L_{mouse} = (l_3, t_3, r_3, b_3)$ 을 선택한 후 입 영역의 후보가 되는 다음 조건을 적용한다.

[조건] 입 영역 후보 조건

1. d_1 : $L_{mouse}.l$ 과 직선 y_3 사이의 거리
 d_2 : $L_{mouse}.r$ 과 직선 y_3 사이의 거리
 단. $\alpha_1 \leq d_1, d_2 \leq \alpha_2, |d_1 - d_2| < \alpha_3$
 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 은 두 눈 사이 거리에 의하여 결정된다.
2. $L_{mouse}.t - L_{mouse}.b \leq \beta$ β 는 두 눈 사이 거리에 의하여 결정된다.

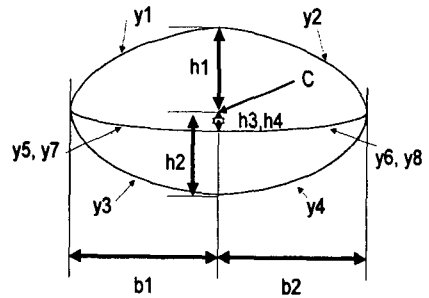
입 영역 후보에 대한 검증 작업에서는 얼굴 후보 영역과 눈 위치 검출에 의해 구해진 오른쪽 눈과 왼쪽 눈의 위치 및 크기 정보를 이용하여 검증된다. 만족하는 입 영역 후보가 없으면 임계값을 변경하여 구한 새로운 에지 영상에 대하여 입 영역 검출과정을 수행한다.

4. 가변 형판을 사용한 입 영역 검출

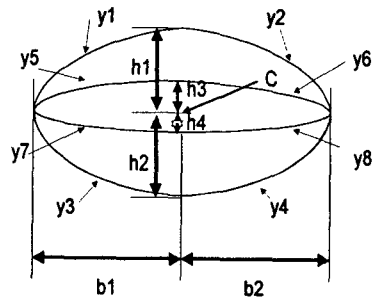
4.1 입 형판 (Mouth Template)

다문 입과 열린 입 사이에는 많은 모양의 차이가 존재한다. 그래서 입은 다문 입의 형판과 열린 입의 형판이 필요하다[3]. 그림 5의 $C = (C_x, C_y)$ 는 입의 중심점으로 (x, y) 좌표계로 표현된다. 열린 입의 형판은 위와 같이 8개의 곡선들로 구성되고 8개의 매개 변수를 사용하여 다음과 같이 표현할 수 있다

$$\vec{t} = (C, b_1, b_2, h_1, h_2, h_3, h_4, \theta) \quad [식 9]$$



(a) 다문 입의 형판



(b) 열린 입의 형판

그림 5. 입의 형판

열린 입의 형판의 포텐셜 에너지 함수는 $E_o(\vec{t})$ 는 아래와 같이 정의된다.

$$E_o(\vec{t}) = \sum_{i=1}^8 E_i \quad [식 10]$$

다문 입의 형판은 열린 입의 형판에서 y_5, y_6 이 존재하면, y_7, y_8 이 없고 혹은 y_7, y_8 이 존재하면 y_5, y_6 이 없는 경우이다. 그러므로 다문 입 형판의 포텐셜 에너지 함수는 $E_c(\vec{t})$ 는 [식 11]과 같이 정의된다.

$$E_c(\vec{t}) = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6, \text{ or}$$

$$E_c(\vec{t}) = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_7 + E_8$$

[식 11]

위 식에서 $E_i, 1 \leq i \leq 8$ 는 포물선 $y_i(x)$ 에 의해 계산되는 포텐셜로 [식 12]와 같다.

$$E_i = \frac{1}{b_i - a_i + 1} \sum_{x=a_i}^{b_i} |P(x, y_i(x) + 1) - P(x, y_i(x) - 1)|$$

[식 12]

단, $a_i \leq x \leq b_i$ 이고 $P(x, y)$ 는 좌표 (x, y) 에서의 명암값(intensity)이다.

4.2 가변 형판을 이용한 입 영역 검출

입 영역 검출은 전처리로부터 구해진 눈과 코, 입의 정보를 사용하여 입 형판의 매개변수들의 값을 초기화하고 그들의 범위를 제한한다. 전처리에서 구해지는 정보는 다음과 같다. 우선 왼쪽 눈의 영역 정보 R_{l_eye} , 오른쪽 눈의 영역 정보 R_{r_eye} , 왼쪽 콧구멍의 영역 R_{l_nose} , 오른쪽 콧구멍의 영역 R_{r_nose} , 입 영역 정보 R_{mouth} 이다. 이들 정보로부터 정해지는 입 형판의 매개변수들의 초기값과 값의 범위는 다음과 같다. 우선 입 형판의 중심인 매개변수 $C=(C_x, C_y)$ 는 다음과 같은 정보가 구해진다. 초기화는 [식13]과 같다.

$$C_x = \frac{(R_{mouth.l} + R_{mouth.r})}{2}, \quad C_y = \frac{(R_{mouth.l} + R_{mouth.b})}{2}$$

[식 13]

범위는 [식 14, 15]와 같이 제한된다.

$$\frac{(R_{mouth.l} + R_{mouth.r})}{2} - a_1 \leq C_x \leq \frac{(R_{mouth.l} + R_{mouth.r})}{2} + a_1$$

[식 14]

$$\frac{(R_{mouth.l} + R_{mouth.b})}{2} - a_2 \leq C_y \leq \frac{(R_{mouth.l} + R_{mouth.b})}{2} + a_2$$

[식 15]

매개변수 θ 는 아래와 같이 두 눈의 위치정보로부터 영향을 받는다.

$$F_\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{R_{l_eye.l} + R_{l_eye.b}}{2} - \frac{R_{r_eye.l} + R_{r_eye.b}}{2}}{\frac{R_{l_eye.l} + R_{l_eye.r}}{2} - \frac{R_{r_eye.l} + R_{r_eye.r}}{2}} \right)$$

[식 16]

F_θ 는 얼굴의 기울기를 말한다.

θ 의 초기화는 $\theta = F_\theta$ 과 같이 되며 아래와 같이 범위가 제한된다.

$$F_\theta - \alpha_3 \leq \theta \leq F_\theta + \alpha_3$$

[식 17]

매개변수 b_1, b_2 는 다음과 같다.

$$\text{초기화 : } b = \frac{R_{mouth.r} - R_{mouth.l}}{2}$$

$$\text{범위 : } b - \alpha_4 \leq b_1 + b_2 \leq b + \alpha_4$$

[식 18]

매개변수 h_1, h_2, h_3, h_4 는 다음과 같다.

$$|b_1 - b_2| \leq \alpha_5, \quad b_1 = b_2 = \frac{b}{2}$$

[식 19]

$$\text{범위 : } R_{mouth.l} - \alpha_6 \leq h_1 \leq \frac{R_{l_nose.b} + R_{r_nose.b}}{2} - \beta_1,$$

$$R_{mouth.b} - \alpha_7 \leq h_2 \leq R_{mouth.b} + \beta_2$$

열린 입의 경우는 다음과 같다.

$$\alpha_8 \leq h_1 - h_3 \leq \beta_3, \quad \alpha_9 \leq h_2 - h_4 \leq \beta_4,$$

$$0 \leq (h_1 - h_3) - (h_2 - h_4) \leq \beta_5$$

[식 20]

다문 입의 경우는 다음과 같다.

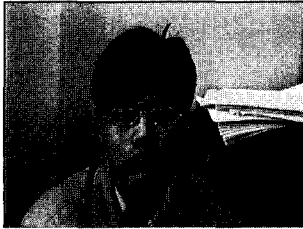
$$0 < h_3 \leq \beta_6, \quad h_4 = 0 \text{ or } 0 \leq h_4 \leq \beta_7, \quad h_3 = 0$$

[식 21]

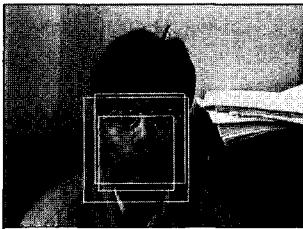
위와 같이 제한된 조건에서 구해진 에너지 함수 $E_c(\vec{t})$ 가 최대가 될 때의 매개변수들의 값을 입 형판의 최적화된 특징으로 사용한다.

5. 실험 및 결론

본 논문은 그림 6에서 보는바와 같이 사람의 정면 얼굴로부터 얼굴의 인식에 사용될 얼굴의 특징을 자동으로 추출하기 위하여 전처리를 통한 제한된 매개 변수 범위를 사용한 가변 형판 방법을 제안하였다. 위에 그림 8은 얼굴영역 검출부터 가변 형판을 사용하여 입 영역을 검출하는 전 과정을 보여준다. 그림 8. 라벨링에 의한 입 영역은 입 영역의 좌우는 비교적 정확히 검출하지만 위 영역은 인종의 영향, 아래 영역은 아랫입술의 에지가 희미해지는 특성에 의하여 부정확한 영역이 검출되는 경우가 많이 발생한다.



(a) 원본



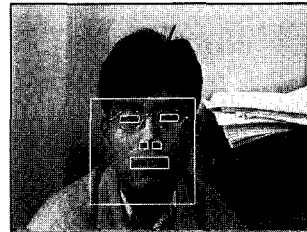
(b) 얼굴 영역



(c) 눈 및 코 영역



(d) 입 영역



(e) 얼굴 구성요소 분할



(f) 가변 형판에 의한 입 영역 분할

그림 6. 입 영역 검출 결과 예

가변 형판은 많은 매개변수들이 가질 수 있는 값에 의해 많은 계산량을 필요로 한다. 본 논문은 라벨링에 입 영역의 검출시의 부정확성을 가변 형판으로 해결하고, 가변 형판의 계산량을 전처리를 통하여 줄이는 방법을 제시한다. 그러나 제시된 방법은 전처리에 의해 구해지는 정보에 의존하고 그 정보에 의한 많은 임계값을 사용하게 되는 문제점을 안고 있다.

본 논문의 실험은 일반 펜티엄 150MHz, 32M 램의 PC에서 MFC를 사용하여 구현하였다. 입력 영상은 CCD 카메라에서 입력되는 많이 기울지 않은 정면 얼굴 영상을 320×240 크기에 256 그레이 컬러로 영상을 캡처하여 사용하였다. 본 실험의 실험 결과는 얼굴 영역 검출에서 라벨링에 의한 입 영역까지 추정

하는데 평균 1초, 가변 형판을 사용하여 입 영역을 검출하는데 평균적으로 1분의 수행시간을 보인다.

향후 연구과제로써 수행시간의 단축과 성공률 향상을 위한 알고리즘 개발이 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] L. D. Harmon, M. K. Khan, R. Lasch and P. F. Ramig, Machine identification of human faces, *Pattern Recognition* 13, pp. 97-110, 1981
- [2] G. J. Kaufman, Jr. and K. J. Breeding, The automatic recognition of human faces from profile silhouettes, *IEEE Trans. SMC* SMC-6, pp. 113-120, 1976
- [3] A. L. Yuille, D. S. Cohen and P. W. Hallinan, Feature extraction from faces using deformable templates, *Proc. CVPR'89*, pp. 104-109, 1989
- [4] C. L. Huang and C. W. Chen, Human facial feature extracting for face interpretation and recognition, *Pattern Recognition*, Vol. 25, No. 12, pp. 1435-1444, 1992
- [5] 이승훈, 이필규, "모자이크를 이용한 얼굴 영역의 추출", 제4회 멀티미디어 산업 기술 학술대회, pp.197-202, 1995
- [6] K. Mase and A. Pentland. Lipreading by optical flow. *Systems and Computers*, 22(6):67-76, 1991.
- [7] A. Rosenfield and J. L. Plaltz, "Sequential Operations in Digital Picture Processing," *Journal of the Association for Computing Machinery*, Vol. 13, pp. 471-494, 1966.