

Housdorff Distance 와 Hough Transform을 적용한 얼굴인식시스템의 분석

(An Analysis on Face Recognition system of Housdorff Distance and Hough Transform)

조민환(Cho Meen Hwan)¹⁾

요 약

본 연구에서는 얼굴 영상을 캡처하여 전 처리한 후 얼굴영역을 분리하고, 분리된 얼굴 영역에서 미분 연산자와 최소 형태를 세선화하여 특징을 추출하였다. Hough Transform은 $r-\theta$ 평면에서 직선의 기울기와 절편으로 변환되며, 반면 Housdorff distance는 세선화된 영상에서 선분을 추출하여 길이, 회전, 천이 특징을 추출하였다. 사람마다 다른 특징들을 추출하여 Housdorff distance과 Hough Transform에 관하여 비교분석 결과 Hough변환의 복잡도가 더 적은 것으로 판단되었다. 인식율은 Housdorff Distance를 이용한 인식율이 Hough Transformation에 비해 조금 높게 나타났다.

Abstract

In this paper, captured face-image was pre-processing, segmentation, and extracting features from thinning by differential operator and minute-delineation. A straight line in slope-intercept form was transformed at the $r-\theta$ domain using Hough Transform, instead of Housdorff distance are extract feature as length, rotation, displacement of lines from thinning line components by differentiation. This research proposed a new approach compare with Hough Transformation and Housdorff Distance for face recognition so that Hough transform is simple and fast processing of face recognition than processing by Housdorff Distance. Recognition accuracy rate is that Housdorff method is higher than Hough transformation's method.

논문 접수 : 2007. 5. 15.

심사 완료 : 2007. 5. 30.

1)정회원: 창원전문대학 멀티미디어과 조교수

1. 서론

오늘날 컴퓨터를 이용한 정보의 전달이 다양한 영역에서 증가하고 있으며, 특히 전 세계적으로 통용되는 인터넷의 활용이 범용화 됨에 따라 다양한 비대면(非對面) 행위들이 증가하고 있다. 특히 인터넷상에서의 금융거래 및 각종 상거래 행위, 인터넷 교육, 인터넷상에서의 각종 정보검색, 기업체 및 각종 단체 내에서 행해지는 전자결재시스템 활용, 무인 출입관리 시스템의 활용 등과 같은 분야에서 이용자의 정확한 신원확인이 매우 중요한 과제로 인식되어지고 있다. 현재까지는 주로 ID와 비밀번호의 동시사용, 카드사용, 공인인증서 사용 방법 등이 신원확인을 위해 사용되어져 왔지만 도난 또는 분실 등의 위험 때문에 이러한 방법은 제한적인 면을 늘 지니고 있으며, 실제로 잘못된 활용으로 인해 많은 피해사례들이 속속 나타나고 있는 실정이다. 이러한 부정적 상황에 대한 대응방안으로 많이 연구되어왔고, 활용단계에 접어든 것이 바로 생체정보인식이다[1, 4].

생체정보인식이란, 개인의 신체적 또는 행동적 특징 가운데 보편성과 고유성을 이용해 각 개인의 신원확인에 활용하고자 하는 것을 말한다. 생체정보인식은 현재까지 사용해 왔던 여러 방법들에 비해 분실우려성이 적으며, 정보 왜곡의 우려가 적은 가장 편리하고 확실한 방법이라 여겨지고 있다.

현대는 IT분야의 비약적인 발전을 이루고 있지만 인간의 생체정보인식 분야에 관해서는 완벽히 실현되지 못하고 있다. 생체정보인식 분야로는 지문인식, 얼굴인식, 정맥인식, 홍채인식, 음성인식 등을 주요 연구 분야로 들 수 있다. 2001년부터 2005년까지 생체정보인식 기술의 국내특허출원에 대한 통계를 보면, 먼저 기술 분야별로는 지문인식 분야가 가장 많고 그 다음이 얼굴, 홍채인식 순서로 나타났다.

얼굴 인식은 자연스럽고 사용하기 편리한 방법으로 개인의 독자성을 수동적으로 검정하는데 방해받지 않는 장점이 있는 시스템이다. 영

상 획득 장치로부터 입력되는 다양한 영상 데이터로부터 개개의 패턴을 판별하고 그것을 분류한다. 일반적으로 사람은 누구나 자신 혹은 타인의 얼굴을 보면 누구인지 인식할 수가 있다. 이에 반해서 컴퓨터는 정해진 알고리즘에 따라 얼굴을 인식하고 있다. 그것은 사람의 생리학적 특성을 기초로 동일함을 인증하거나 혹은 검증하는 자동화 방법을 채택한 생체측정 시스템이다. 최근 개인의 신분확인과 정보보호를 위한 생체정보인식 기술이 급속히 확대되어가고 있는 시점에서 사용의 편리성을 가진 얼굴 인식 기술의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 사람을 인식하는 시스템은 게임, 가상 스튜디오, 텔레비전 회의 등의 가상현실 분야와 주차장, 백화점, 현금지급기 등의 무인 감시 시스템 분야, 발레의 안무, 정형외과 환자의 치료연구 등의 움직임 분석 분야 등 여러 가지가 얼굴 인식 시스템의 응용이 될 수 있다[1]. 그러나 현재 얼굴인식기술은 자세, 조명, 표정, 외모의 변화 등 다양한 요인에 의해 정확히 인식하는데 많은 어려움이 있다[2].

기존의 얼굴 인식방법에는 Texture-based 방법, Feature-based 방법, PCA를 이용한 방법, Neural Network 방법, Graph Matching 방법, Template Matching 방법, Line Edge Map을 이용하는 방법 등이 있다[2, 3, 5].

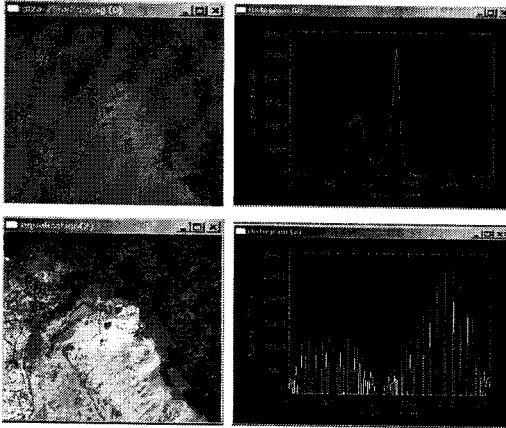
본 논문에서는 이러한 방법들 중 얼굴검출은 컬러정보와 Edge Map을 이용한 방법과 얼굴인식은 Line Edge Map과 Hough 변환을 이용하여 얼굴 인식을 하는 것을 목표로 하였다.

2. 얼굴검출과 인식에 사용된 기법

2.1 전 처리

전 처리에서 팽창 연산은 물체의 크기는 확장 되고 배경은 축소된다. 팽창 마스크는 물체의 둘레에 사용되는 커널에 따라 커널의 1/2 픽셀을 더하는 역할하며 3 X 3 마스크인 경우 경계영역에 한 픽셀을 추가한다. 또한 히스토그램 평활화는 원영상의 히스토그램을 분석

하여 밝기 분포가 특정영역에 치우친 것을 좀 더 넓은 영역에 걸쳐 분포하도록 대비 개선 방법이다. (그림 1) 은 히스토그램 평활화 과정을 보여 준다



(그림 8). 히스토그램 평활화
(Fig. 1) Result of Histogram Equalization

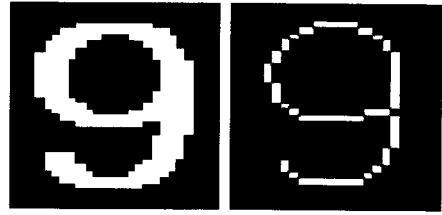
윤곽선 검출의 가장 대표적인 미분연산자인 Sobel Mask는 2차 연산자이며 x축과 y축으로 한 번씩 미분하도록 되어 있다. 이 연산의 기울기의 크기는

$$f = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (G_x \text{는 } x\text{축편미분}, G_y \text{는 } y\text{축편미분})$$

(그림 2) 는 미분 연산자 Sobel Mask와 처리 결과를 보여준다.



(그림 2) Sobel 연산 결과
(Fig. 2) Sobel Operation



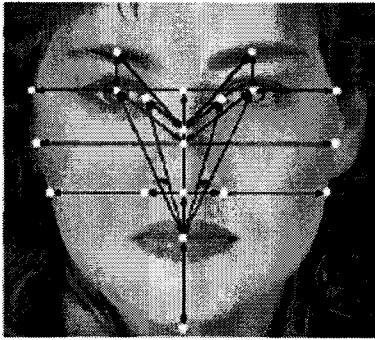
(그림 3) 세선화 이미지
(Fig. 3) Thinning Image

세선화는, 이진화 영상에서 골격을 찾는 영상 처리 기법으로서, 두꺼운 영역이 포함된 영상을 입력받아 한 화소 두께의 출력 영상을 만든다. 세선화는 문자인식, 지문인식, 물체인식 등의 특징추출 단계에 주로 적용된다. 세선화는 한 화소의 두께, 세선화 된 화소의 위치는 중앙, 원래 도형과의 연결성, 세선화 과정 중 골격선의 길이 유지, 패턴 윤곽선의 작은 요철로 인하여 가지 모양이 첨가되면 안 되는 조건이 있다. (그림 3) 는 세선화 처리결과를 보여준다 [6, 7].

2. 2 기하학적 특징 및 라인 에지 기반 방법

특징기반의 접근법은 여러 가지 방법이 있고 특징들에는 많은 변수들이 있다. 이러한 특징들은 보통 인간 얼굴의 해부학적 구조의 부분으로 눈동자, 눈 외곽선, 눈 전체, 콧구멍, 코끝, 입 등이다. 특징기반 접근법은 이러한 기하학적 구조와의 관계를 이용해 얼굴의 속성들을 검출해 내는데, 이러한 특징 점 검출 방법으로는 특징 템플릿과 이미지 상관관계를 이용한 방법과 얼굴에서 주요 특징 점을 지시하는 공간 필터를 사용하는 방법 등이 제안되었다.

(그림 4) 와 같은 특징기반 접근방법은 다양한 얼굴 포즈변화에 대해 잘 처리하는 경향이 있는데 이것은 특징 점 들이 작고 지역적인 이미지 구조를 가지고 있어 얼굴 표정변화에 대해 덜 민감하기 때문이다.



(그림 4) 얼굴 특징 점과 상호간 관계
(Fig. 4) Feature of face and relation of each others

LEM(Line Edag Map) 기반 방법은 얼굴 영상의 에지들을 라인 화하여 만든 에지 맵(Line Edge Map)을 대상으로 얼굴의 모델을 만들고, Line segment Hausdorff distance를 얼굴 정합 방법으로 사용하여 일반 Hausdorff distance에 비해 계산량을 줄이고 정확도를 높이도록 한다[1]. 이 방법을 이용하면 얼굴 인식 결과에 영향을 주는 조명의 변화에 대해 보다 나은 모델을 만들 수 있다.

3. Housdorff distance 와 Hough 변환

3. 1 Housdorff distance

유한개의 점으로 이루어진 두 개의 집합(모델 M과 테스트영상 T)

$$M^p = m_1^p, m_2^p, \dots, m_m^p$$

$T^p = t_1^p, t_2^p, \dots, t_n^p$ 이 주어질 때 Hausdorff distance는

$$h(M^p, T^p) = \max(h(M^p, T^p), h(T^p, M^p))$$

로 정의되며 여기서

$$h(M^p, T^p) = \max_{m_i^p \in M^p} \min_{t_j^p \in T^p} \|m_i^p - t_j^p\|$$

이다.

즉, Hausdorff distance는 모델 M과 테스트 영상 T의 각 점 사이의 거리 중에서 가장 가까운 거리에 있는 점들의 거리를 계산해야 하므로 계산시간이 많이 소요된다. 이를 개선하기 위한 여러 가지의 Hausdorff distance 계산 방법이 발표되었다. Dubuisson과 Jain이 제안한 Hausdorff distance를 계산하는 서로 다른 24개의 식 중에서 Modified Hausdorff Distance(MHD)가 가장 좋은 성능을 보였으며 directed MHD의 정의는 (식 1)과 같다.

$$h(M^p, T^p) = \frac{1}{N_m^p} \sum_{m_i^p} \min_{t_j^p} (식 1)$$

여기서 N_m^p 은 M^p 의 점들의 개수이다.

그러나 Modified Hausdorff Distance(MHD)는 회전 정보와 같은 구조표현에 한계를 가지고 있어 얼굴과 같은 유사한 구조를 가진 이미지의 집합에서 서로 다른 형태의 라인이 같은 거리로 계산되는 정합 문제를 가지고 있다. 이러한 문제를 다루기 위해 Line segment Hausdorff Distance(LHD)를 사용하였다.

유한개의 선으로 이루어진 두 개의 집합(모델 M과 테스트 영상 T)

$$M^l = m_1^l, m_2^l, \dots, m_p^l$$

$$T^l = t_1^l, t_2^l, \dots, t_q^l$$

이 주어질 때, LHD는 두 라인세그먼트 m_i^l 와 t_j^l 간의 거리를 나타내는

벡터 $\vec{d}(m_i^l, t_j^l)$ 에 의해서 결정된다.

$$\vec{d}(m_i^l, t_j^l) = \begin{bmatrix} d_{\theta}(m_i^l, t_j^l) \\ d_{\parallel}(m_i^l, t_j^l) \\ d_{\perp}(m_i^l, t_j^l) \end{bmatrix}$$

여기서 $d_{\parallel}(m_i^l, t_j^l)$, $d_{\theta}(m_i^l, t_j^l)$, $d_{\perp}(m_i^l, t_j^l)$ 는 각각 angle distance, parallel distance 그리고 perpendicular distance이며 각

항은 독립적이고 (식 2)와 같이 정의된다.

$$\begin{aligned}
 d_{\theta}(m_i^l, t_j^l) &= f(\theta(m_i^l, t_j^l)), \\
 d_{\parallel}(m_i^l, t_j^l) &= \min(l_{\parallel 1}, l_{\parallel 2}), \\
 d_{\perp}(m_i^l, t_j^l) &= l_{\perp} \quad (\text{식 2})
 \end{aligned}$$

여기서 $\theta(m_i^l, t_j^l)$ 는 라인 m_i^l 과 t_j^l 사이의 최소 교차 각으로 계산한다. 결국 두 라인 세그먼트 m_i^l 와 t_j^l 의 사이의 거리는 (식 3)과 같이 정의된다.

$$d(m_i^l, t_j^l) = \sqrt{d_{\theta}^2(m_i^l, t_j^l) + d_{\parallel}^2(m_i^l, t_j^l) + d_{\perp}^2(m_i^l, t_j^l)} \quad (\text{식 3})$$

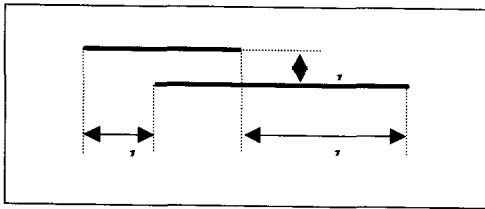
근본적인 Line segment Hausdorff Distance (pLHD)는 (식 4)과 같이 정의된다.

$$H_{pLHD}(M^l, T^l) = \max(h(M^l, T^l), h(T^l, M^l)) \quad (\text{식 4})$$

여기서,

$$h(M^l, T^l) = \frac{1}{\sum_{m_i^l \in M^l} l_{m_i^l}} \sum_{m_i^l \in M^l} l_{m_i^l} \cdot \min_{t_j^l \in T^l} d(m_i^l, t_j^l)$$

$l_{m_i^l}$ 는 line segment m_i^l 의 길이이며, 위의 식에서 계산된다.



(그림 5) Line 변위 측정
(Fig. 5) Calculation line displacements

(그림 5)에서 두 개의 line m_i^l 와 t_j^l 을 간단히 보여준다. $d_{\parallel}(m_i^l, t_j^l)$ 는 오른쪽 끝 포인

트 혹은 왼쪽 끝 포인트의 거리를 나타낸다.

$d_{\perp}(m_i^l, t_j^l)$ 는 두 라인 사이의 수직 거리이다[2].

3. 2. Hough transform

영상 내 각 화소들은 이 화소를 통과하는 무한히 많은 직선을 가지고 있으며, 이 직선들은 아래 식과 같이 각각 기울기-절편 형태의 일반적인 직선의 방정식으로 나타낼 수 있다(식 5).

$$Y = mX + b \quad (\text{식 5})$$

식(13)에서 화소는 X-Y 평면 또는 좌표계에 속하며 기울기가 m이고 Y의 절편이 b인 직선을 타나낸다. 무한히 많은 직선들이 (x_i, y_i) 를 통과하지만 (m, b)값을 변환시키면 모든 점들이 방정식을 만족한다. 이제 이 방정식을 다른 방향에서 해석해 보자. (X, Y)는 상수이고 m과 b를 좌표라고 생각해 보자(식 6).

$$b = -Xm + Y \quad (\text{식 6})$$

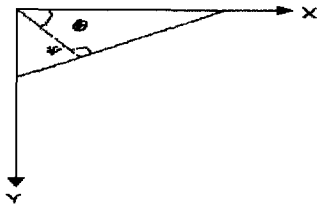
위 식은 m-b 평면에 속하는 직선 방정식이 된다. 따라서 2차원 영상 평면 (X, Y)에서의 한 점은 m-b 평면 또는 좌표계에서 직선에 해당한다. 일반적으로 m-b 평면을 Hough 공간이라 하고, Hough 공간에서 교차하는 두 직선은 X-Y 평면에서 같은 직선상의 점이 된다. 임의의 화소 (x_i, y_i) 에 대해 단 하나의 직선의 방정식을 만드는 m-b 평면을 생각해 보자. 또 영상 내에서 동일한 직선상에 존재하는 두 번째 화소 (x_j, y_j) 역시 m-b 평면에서 하나의 직선을 가지고 있고, 이 직선은 (m', b') 와 (x_i, y_i) 를 잇는 선과 교차한다.

여기서 m' 와 b' 는 X-Y 평면에서 (x_i, y_i) 와 (x_j, y_j) 을 잇는 선의 기울기와 절편이다. 결과적으로, X-Y 평면에서 이 직선에 포함된 모든 점들은 m-b 평면의 (a', b') 점에서 교차

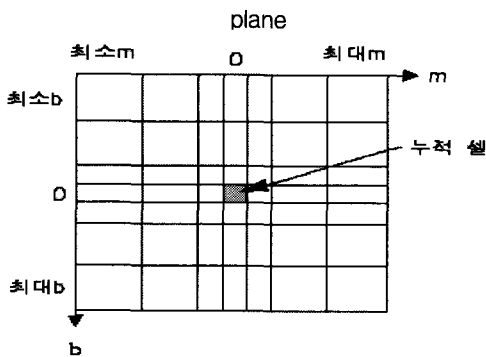
하는 직선들을 가진다. 그러나 임의의 직선을 나타내기 위한 방정식 $Y = mX + b$ 가 직선의 수식이 되면 기울기나 절편이 무한대가 된다는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 피하기 위한 하나의 방법이 직선을 (식 7)과 같이 $r-\theta$ 평면에서 표현한다.

$$r = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (\text{식 7})$$

위 식의 r 은 원점으로부터 직선까지의 거리이고 θ 는 X좌표에 대한 각도를 나타낸다. 그림 6(a)는 위 식에서 사용된 변수들이 갖는 의미를 설명한다.



(a) $r-\theta$ 평면 (a) $r-\theta$



(b) $r-\theta$ 표

(b) $r-\theta$ Table

(그림 6) 허프 변환

(Fig. 6) Hough Transformation

러한 표현법의 사용은 누적표를 구성하는 데 있어서 앞에서 설명한 기울기-절편의 방법과 동일하다. 그러나 X-Y 평면에서의 직선은

궤적 $r-\theta$ 평면에서 정현파 곡선들이다.

따라서 X-Y 평면상의 직선

$$r_i = x \cos \theta_j + y \sin \theta_j \text{에 놓인 } C \text{개의}$$

동일 선상의 점들은 $r-\theta$ 평면에서

(r_i, θ_j) 을 지나는 C개의 정현파 곡선들을

만든다. 즉, θ 를 증가시키면서 이에 따른 r 을

구할 수 있고, 구해진 (r_i, θ_j) 에 의하여

결정되는 셀의 누적 값 $A(i, j)$ 에 C개의 입력

값을 대입한다. (그림 6) (b)는 변수 공간이

분할된 것을 나타낸다. θ 의 범위는 X축을

기준으로 $\pm 90^\circ$ 이고 r 는 Y축을 지나는 양의

교차점이거나 또는 $\theta=90^\circ$ 이고 r 는 Y축을

지나는 양의 교차점이거나 또는 $\theta=-90^\circ$ 이고

r 는 Y축을 지나는 교차점의 음의 값과

같다[6, 7].

4. Line 특성 검출

4. 1 얼굴검출

추출된 이미지에서 얼굴 검출 부분은 컬러정보를 이용한 선별, 팽창, 필터링의 세 가지 요소를 이용하여 수행된다. 먼저 프레임 그래버를 통하여 추출한 영상을 컬러정보를 이용하여 얼굴영역의 고유한 색상을 이용 영역을 분리한다.

4. 1. 1 얼굴 검출을 위한 컬러 처리

디지털 카메라를 이용하여 입력된 아날로그 영상신호를 PC에 장착된 프레임 그래버를 이용하여 디지털 신호로 변환하여 처리할 수 있다. 먼저 얼굴을 추출하기 위해서 입력된 영상 (그림 7)의 RGB 데이터를 YCbCr 모델로 변환하여 처리한다. 이와 같이 변환하는 이유는 영상의 밝기가 시각적으로 눈에 잘 띄고 색도는 눈에 잘 띄지 않기 때문이다. 즉, 인간의 시각 시스템은 색상의 변화보다는 밝기의 변화에 아주 민감하기 때문에 밝기 성분보다는 색도

성분을 손실시키면서 압축하는 것이 효과적이다. 반면에 RGB 컬러 모델에서는 R, G, B 세 성분이 시각적으로 서로 비슷한 정보를 갖고 있다.

따라서 RGB 컬러 모델을 YCbCr 컬러 모델로 변환하여 밝기 성분과 색도 성분을 분리한 다음 각각에 대하여 개별적으로 처리하는 것이 효과적이다. 이렇게 변환된 데이터를 기초로 얼굴색에 가장 가까운 영역의 영상만 남기고 나머지는 제거하여 얼굴부분의 데이터 추출하였다. 그림 7. 은 캡처 된 영상에서 얼굴영역만 추출된 영상을 보여준다.



(그림 7) YCbCr을 이용한 얼굴영역 검출
(Fig. 7) Face extraction by YCbCr

4. 1. 2 배경잡음 제거

(그림 7)의 결과에서 보다 정확한 얼굴 영역을 검출하기 위하여 팽창(Dilation) 연산을 적용한 결과 얼굴 영역뿐만 아니고 배경에서 나타나는 잡음들 또한 팽창된 결과를 확인할 수 있었다. 얼굴영역 검출에 방해요소가 되는 이와 같은 불필요한 잡음을 제거하기 위하여 x 축과 y축 투영에 의한 잡음제거 기법을 구현하여 (그림 8)과 같이 잡음을 제거하였다[8].

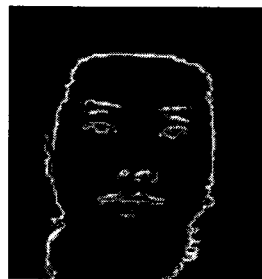


(그림 8) 잡음이 제거된 영상
(Fig. 8) Image with removed noises

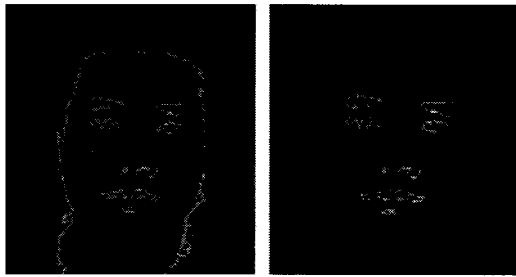
팽창처리가 끝난 원 영상에서 정확한 얼굴영역을 검출하기 위하여 영상 잡음을 제거하기 위한 함수이다. 원 영상에서 잡음을 제거하기 위한 기법으로 원 영상을 x, y축으로 각각 투영하여 하나의 오브젝트의 크기를 검출하여 일정크기 이내의 오브젝트를 제거하는 방식을 취하였다. 필터링 결과 후보 얼굴영역이 검출되어진다.

4. 2 얼굴 영역 검출 및 선 검출

(그림 9)은 잡음을 제거한 영상의 정보를 토대로 하여 원 이미지에서 후보 얼굴 영역을 추출하고, 이 얼굴 영역에서 에지성분을 검출하여 세선화한 결과를 보여준다.



(a)



(b) (c)
(그림 9) 얼굴영역 검출과 영역 내 에지 및 세선화 영상

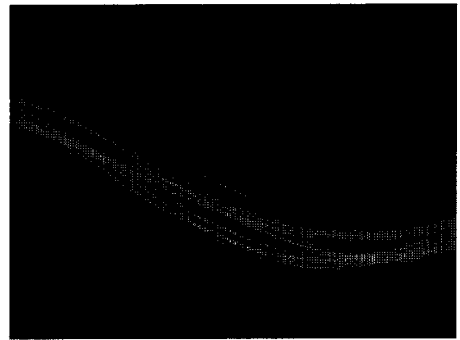
(Fig. 9) Edge and Thinning in face area

4. 2. 1 선분검출

세선화가 완료된 영상에서 각 점들에 대한 라인의 시작 위치와 끝 위치를 갖는 라인 정보를 생성한다. 이 정보를 이용하여 얼굴 모델을 만들어 Hausdorff distance를 구하기 위하여 사용된다. Lining()함수의 수행결과로 'Line Edge Map'이 생성된다. (그림 9) (c) 에서 Hausdorff 거리 계산을 위한 수평과 수직 선분은 표 1과 같이 대부분 연속된 픽셀로 만들어진 선분은 픽셀 2개가 가장 많으며 가장 긴 경우 (그림 12)로 나타났다. (그림 10)는 세선화 된 영상에서 Hough transform 알고리즘이 수행결과를 $r - \theta$ 평면에서 보여준다.

<표 1> 그림 9(c) 에서 Housdorff 거리분포
<Table 1> Line distribution at the Fig. 9(c)

픽셀수 형태	2	3	4	5	6	7	8	12
수직	16	13	13	9	2	5	2	1
수평	10	10	5	2	0	0	0	0



(그림 10) 그림 9(c) 의 $r - \theta$ 평면 매핑

(Fig. 10) Mapping on to $r - \theta$ plane of Fig. 9(c)

4. 3 결과 및 분석

(그림 11) 과 같이 Housdorff distance 계산은 매우 작은 직선 성분을 모두 처리하여 직선의 기울기 및 절편이 동일하여도 연속되지 않으면 모두 계산되어야 한다. (그림 9) (c) 에서 길이, 회전, 천이를 계산하면 표1에 보여주는 수평 수직 성분의 3배수가 되어 $88 * 3 = 264$ 회 비교하여야 한다. 그리고 모든 선분은 시작점과 끝점을 찾아 비교해야만 한다. 그러나 Hough 변환을 이용하면 Housdorff distance 계산에서 동일 기울기와 절편일 경우 직선에 포함되는 픽셀수로 나타내므로 Housdorff distance의 계산하면 직선의 검출과 편이, 회전 계산 과정이 없으므로 계산이 매우 간단해진다.

	a1	a2	b1	b2	c1	c2
a1		52. 80	41. 96	42. 69	48. 34	44. 27
a2	52. 80		41. 25	40. 90	44. 90	45. 34
b1	41. 96	41. 25		53. 41	46. 41	43. 41
b2	42. 69	40. 90	53. 41		48. 06	40. 54
c1	48. 34	44. 90	46. 41	48. 06		53. 41
c2	44. 27	45. 34	43. 41	40. 54	53. 41	

<표 2(b)> Hough Transformation 이용한 인식율

<Table. 2(b)> Recognition rate by Hough Transformation

	a1	a2	b1	b2	c1	c2
a1		52. 80	41. 96	42. 69	48. 34	44. 27
a2	52. 80		41. 25	40. 90	44. 90	45. 34
b1	41. 96	41. 25		53. 41	46. 41	43. 41
b2	42. 69	40. 90	53. 41		48. 06	40. 54
c1	48. 34	44. 90	46. 41	48. 06		53. 41
c2	44. 27	45. 34	43. 41	40. 54	53. 41	

5. 결론

본 논문에서는 CCD 카메라를 이용하여 얼굴을 포함한 상반신 영상에서 얼굴영역 컬러정보를 이용하여 후보영역을 추출하고, 전처리에

서 잡음제거 및 선분 추출, 세선화 작업을 수행하였다. 검출된 에지성분들은 Housdorff 가 제시한 방법을 사용하여 인식율을 조사하였고, 또한 Hough transform을 이용하여 $r-\theta$ 평면에서 일차 방정식에 포함되는 라인 성분을 조사하였다. 그리고 Line Edge Map의 보다 빠른 처리를 위하여 4-level Wavelet 변환을 수행하였다. Hough 변환에서는 하나의 픽셀에 대하여 직선으로 계산되므로 4-level Wavelet 변환된 d^4 data에서 threshold 값을 35로 하여 threshold이하 값은 0으로 직선에 포함시키지 않았다 이 결과를 Haar 변환하여 0보다 클 경우 +1, 같을 경우 0, 적을 경우 -1로 표시하였다. 이 최종 결과를 동일한 사람의 다른 이미지와 다른 사람의 이미지에서 추출한 결과를 상호 비교하여 일치율을 검사하였다. 그 결과 Housdorff Distance 계산에 의한 인식율이 Hough 변환에 의한 인식율 보다 탁월하게 만족할만한 결과는 도출되지 않았으나 유의할 만한 차이가 나타난 것을 알 수 있었다. 앞으로 이 분야에 대한 연구를 계속하면 Housdorff 거리 계산에 의한 방법보다 간단한 접근방법이 될 것으로 판단된다. 향후 본 논문에서 제시한 방식을 좀더 보완하여 보다 인식률 높은 방식의 시스템을 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] Yongsheng Gao, "Face Recognition Using Line Edge Map" IEEE, vol. 24, NO 6, 2003.
- [2] B. Takacs, "Comparing Face Images Using the Modified Hausdorff Distance," Pattern Recognition, vol. 31, 1998.
- [3] M. Kirby, L. Sirovich. " Application of the Karhunen-Loeve procedure for the characterization of human face" IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence vol.
- [4] K. C. Yow and R. Cipolla. Finding initial

estimates of human face location. In Proc. 2nd Asian Conf. Vision, volum 3, pages 514-518, Singapore, 1995.

[5] Sing-Tze Bow, "Pattern Recognition and Image Processing", marcel Dekker, 2002, 2'nd Ed.

[6] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle, "Image Processing, Analysis and Machine Vision", PWS, 1998.

[7] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Prentice-Hall, 2002, 2'nd Ed.

조민환



1989년 3월 송실대학교
산업대학원

전자계산학과(공학석사)
2001년 2월 경남대학교
대학원

컴퓨터공학과(공학박사)

1994년 3월 ~ 현재

창원전문대학 멀티미디어과 조교수