

방향분포를 이용한 지문인식

김기철* · 최승문* · 이정문*

강원대학교 제어계측공학과

요 약

본 논문에서는 지문의 방향분포를 기반으로 하여 전처리과정을 최소화하고 특징벡터의 크기를 축소하여 개인의 인증 및 인식 시스템에서의 시스템 처리속도와 검색속도 향상을 주된 연구목적으로 하였다. 지문의 방향분포는 지문의 융선과 골이 이루는 부분적인 방향성분의 집합으로서 가버필터뱅크를 통해 8-방향 성분들로 추출된다. 이렇게 생성된 방향분포는 불연속적인 특성을 갖게 되는데 이를 연속적인 방향성분으로 근사화하여 방향영상으로 시각화한다. 이 후 지문의 중심이 되는 기준점을 설정하고 기준점으로부터 32-방향, 6-단계 거리에 미리 정해진 192개 지점에서의 방향성분값들을 추출하여 특징벡터를 생성한다. 그 결과 기존의 다른 알고리즘보다 작은 크기의 특징벡터를 사용함으로써 전체 처리속도는 훨씬 증가하면서도 같은 수준의 인식률을 얻을 수 있었다.

Fingerprint Identification Using the Distribution of Ridge Directions

Ki-cheol Kim* · Seung-moon Choi* · Jung-moon Lee*

ABSTRACT

This paper aims at faster processing and retrieval in fingerprint identification systems by reducing the amount of preprocessing and the size of the feature vector. The distribution of fingerprint directions is a set of local directions of ridges and furrows in small overlapped blocks in a fingerprint image. It is extracted initially as a set of 8-direction components through the Gabor filter bank. The discontinuous distribution of directions is smoothed to a continuous one and visualized as a direction image. Then the center of the distribution is selected as a reference point. A feature vector is composed of 192 sine values of the ridge angles at 32-equiangular positions with 6 different distances from the reference point in the direction image. Experiments show that the proposed algorithm performs the same level of correct identification as a conventional algorithm does, while speeding up the overall processing significantly by reducing the length of the feature vector.

1. 서 론

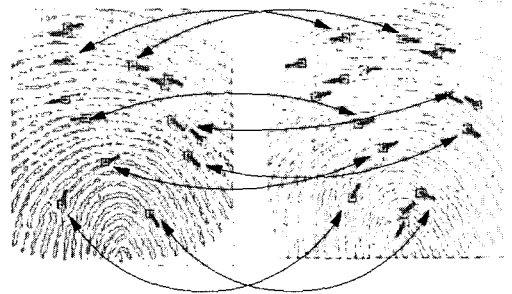
급속도로 발전되는 정보통신 및 인터넷 보급 사회에서 개인의 신분을 증명할 인증 과정은 개인의 정보나 재산이 노출된 장소에 드러남에 따라 보안의 중요성의 확대와 더불어 그 중요성이 더욱 확대되고 있다. 이러한 이유로 개인의 인증에 관련된 수단의 연구는 지속적인 발전을 거듭하였고, 그 중앙에는 인간의 신체적 특질을 이용하여 개인을 인증 및 인식하는 생체인식(Biometric system) 분야가 있다.

생체인식 분야에는 지문, 정맥패턴, 홍채, 음성, 얼굴 등의 여러 가지 방법을 사용하고 있는데, 여기에서 가장 값싸고 간단한 장치로 개인을 인증하는 방법으로 지문인식 방법을 들 수가 있다. 지문인식은 생체인식 분야에서 가장 고전적인 방법 중 하나로, 가장 발달된 인식방법이라 할 수 있지만, 지문은 홍채, 정맥패턴에 비해 손상될 우려가 많기 때문에 이들보다 정확도 면에서 떨어질 우려가 있다. 하지만 지문인식은 장치설계가 간단하고 인식 과정이 단순하며 공간적 제약이 다른 방법에 비해 적기 때문에 널리 사용되며, 지문인식과 관련된 알고리즘들이 지속적으로 연구되어지고 있다.

지문인식 과정은 개인의 인증 방법에 따라 크게 두 가지로 나누는데, 하나는 '나는 누구인가?(Who am I?)'의 입력 지문을 통해 데이터베이스에 저장된 개인의 정보를 찾는 인식(Verification) 과정과 '나는 나로 합당한가?(Am I to be suitable I?)'의 형태로 입력대상의 진위여부를 판정하는 인증(Authentication) 과정이 그것이다.[1][2]

기존의 지문인식 관련 알고리즘들 중 가장 많이

사용되는 방법은 지문의 특이점을 이용한 방법이다. 지문의 특이점 - ANSI(American National Standards Institute)에서는 특이점을 끝점(ending), 분기점(bifurcation), 복합점(components), 미지점(undetermined points)으로 분류한다 -들은 지문마다 독특한 기하학적 구조를 가지고 있기 때문에 이러한 특이점의 분포와 기하학적 구조를 토대로 지문인식에 활용한다. 하지만 이러한 방법은 그 정확성을 높이기 위해 충분히 많은 특이점을 찾아야 하고, 그러한 손실적인 특이점 정보를 얻기 위해서는 많은 양의 전처리 과정과 특이점의 개수에 따라 지문을 표현할 데이터의 양은 증가하게 된다.



(그림 2) 특이점 매칭

즉, 기존의 주로 사용되는 특이점을 이용한 지문인식 알고리즘은 그 처리과정이 많고 연산량이 많기 때문에, 본 논문에서는 지문이 구성하는 윤선의 방향분포를 이용하여 전처리 과정이 비교적 단순하고, 생성되는 특징벡터의 크기를 축소하여 전체적인 시스템의 부하를 최소화한 방법을 제시하였다.

논문의 전체적인 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 지문 영상의 방향성분을 추출하는데 사용된 가버필터(Gabor filter)의 특성과 본 논문에서 사용된 필터 뱅크의 생성방법과 방향값 설정 방법에 대해 설명하고, 3장에서는 특징벡터 생성

및 비교를 위한 전체적인 시스템의 구성 및 주요 내용을 설명한다. 그리고 4장에서는 임의의 지문 데이터에 대한 실험결과와 다른 유사 알고리즘과의 비교 결과를 논하고, 5장에서는 종합적인 결과와 개선 사항 및 추후 연구방향에 대해 논한다.

II. Gabor Filter와 방향값 설정 방법

가버필터는 가버함수(Gabor function)로 정의되는 필터로, 이 함수는 가우시안(Gaussian) 함수에 의해 변조된 사인곡선(sine wave)으로 정의되어진다. 이 필터의 가장 큰 특징은 공간과 방향특성을 동시에 갖고 있기 때문에 공간과 주파수 영역에서 최적의 결합 분해능(joint resolution)을 갖는다. 즉, 다해상도 분석능력을 갖고 있어 비전 시스템을 잘 모델링 할 수 있다는 특징을 갖고 있다. 따라서 가버 필터링은 인간의 시각 시스템에서 일어나는 것과 유사한 작업이 일어나고, 이를 통해 영상의 특징들을 추출할 수 있게되고, 추출된 특징들로 여러 가지 응용이 가능하게 된다.[5][6][7]

$$h(x) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} e^{jw_0x}$$

$$h(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)} e^{jw_0(Ux + Vy)} \quad (1)$$

식(1)은 일차원, 이차원 가버함수를 표현한 식으로, 이 함수들은 실수영역과 허수영역의 함수로 나뉘어 질 수 있다. 본 논문에서는 지문의 방향성을 추출하기 위해 실수영역의 함수식을 이용하여 필터를 설계하였다.[3]

식(2)는 사용된 가버필터의 표현식이고, 식(3)은 식(2)에서 표현된 필터의 전달함수를 표현한 식이다. 즉, 가버필터는 공간영역에서 원점을 기준으로 필터의 위상값이 서로 다른 필터들의 집합인 필터 뱅크를 생성할 수 있으며, 이는 곧 주파

수 영역에서 대역 통과 필터(Band-pass filter)로 나타나고, 또한 통과 대역은 생성된 필터 뱅크의 수에 따라 여러 개의 채널로 나누어지게 된다.(Multi-channel filter) 따라서, 지문의 방향 특성은 가버필터를 통과 시 가장 높은 에너지 값을 갖는 채널의 위상값으로 할당된다.

$$h(x, y, f, \theta) = \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x\theta^2}{\sigma_x^2} + \frac{y\theta^2}{\sigma_y^2}\right)\right\} \cos(2\pi f x_\theta)$$

$$x_\theta = x\cos\theta + y\sin\theta, \quad y_\theta = -x\sin\theta + y\cos\theta \quad (2)$$

$$H(u, v, f, \phi) = 2\pi\sigma_x\sigma_y \times$$

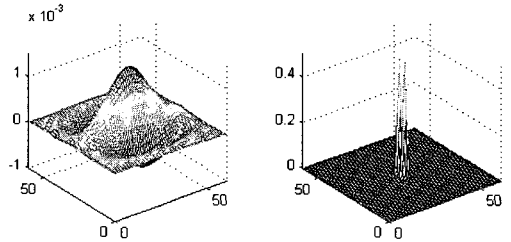
$$\left\{ \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{(u_\phi - u_0)^2}{\sigma_u^2} + \frac{(v_\phi - v_0)^2}{\sigma_v^2}\right)\right\} + \right.$$

$$\left. \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{(u_\phi + u_0)^2}{\sigma_u^2} + \frac{(v_\phi + v_0)^2}{\sigma_v^2}\right)\right\} \right\} \quad (3)$$

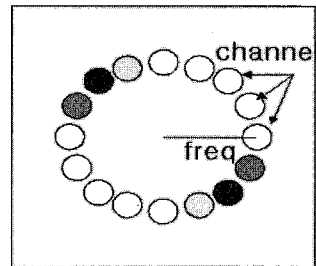
$$u_0 = \frac{2\pi\cos\phi}{f}, \quad v_0 = \frac{2\pi\sin\phi}{f},$$

$$u_\phi = u\cos\phi + v\sin\phi, \quad v_\phi = -u\sin\phi + v\cos\phi$$

그림 2와 3은 앞서 설명한 가버필터의 형태와 특성을 시각적으로 표현한 것이다.



(그림 3) 가버필터의 공간 및 주파수 특성(0°)



(그림 4) 주파수 특성모형

가버필터가 이루는 통과 대역은 지문의 응선 주

파수를 기준으로 설정된다. 따라서 가버필터를 이용하여 지문의 방향성분을 추출하기 위해서는 지문이 이루는 용선 주파수를 구해야 하는데, 이러한 과정을 주기적으로 반복하는 것은 시스템 운영에 부하를 주게 되므로, 필터의 크기에 따라 정규화 된 필터 बैं크를 생성하여 사용하도록 하였다.

본 논문에서 사용된 정규화 된 가버필터 बैं크의 생성과정은 다음과 같다.

1) 목적에 알맞은 필터 크기를 설정한다. 본 논문에서는 9×9 크기의 필터를 사용하였다.

2) 식 (4)와 같이 필터뱅크를 생성한다.

$$M = \frac{M_{size} + 1}{2}, \quad \sigma = \frac{M}{2\sqrt{2}}, \quad \omega = \frac{2\pi}{M}$$

$$x_{\theta_k} = x \cos \theta_k + y \sin \theta_k, \quad y_{\theta_k} = -x \sin \theta_k + y \cos \theta_k \quad (4)$$

$$h(x, y; \theta_k) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{x_{\theta_k}^2 + y_{\theta_k}^2}{\sigma^2}\right) \cos(\omega x_{\theta_k}),$$

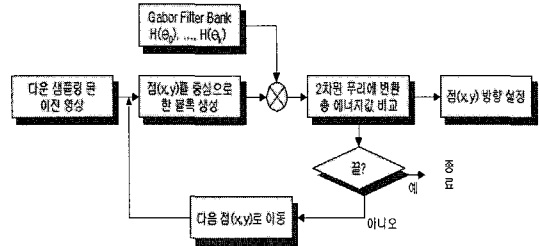
$$-M+1 \leq x, y \leq M-1$$

3) 필터뱅크를 위한 채널의 개수는 사용 목적에 알맞게 설정한다. 본 논문에서는 8 방향으로 설정하였다.

$$\theta_k = \frac{k\pi}{N}, \quad k=0, 1, \dots, N-1 \quad (5)$$

N : Filter Bank Number

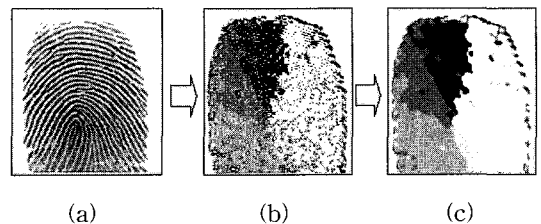
그림 4는 지문 영상을 방향성분 값으로 표현되는 방향 영상을 얻는 과정을 나타낸다. 즉, 지문 영상에서의 한 점은 그 점을 중심으로 설정되는 한 블록과 같은 크기의 필터들의 곱을 푸리에 변환한 결과를 총 에너지값 비교를 통하여 가장 높은 에너지 값을 갖는 필터의 위상값을 해당 점의 방향값으로 한다.



(그림 5) 방향영상 변환 순서도

하지만, 이러한 과정은 지문 영상 전 영역에 걸쳐 수행되므로 2차원 푸리에 변환의 반복적인 수행은 전체 시스템 성능에 막대한 부하를 주게 된다. 그런데 본 논문에서 사용된 가버필터의 주파수 영역 특성을 살펴보면 원점(DC 성분)을 기준으로 대칭되어 나타나는 두 개의 통과영역이 실제로 서로 원점을 포함하여 겹쳐지게 나타나게 된다. 이러한 이유로 그림 4에서의 총 에너지 비교가 아닌 DC 계수의 비교만으로도 해당 점의 방향값을 설정할 수 있게 된다.

그런데 이와 같은 방법으로 방향영상을 생성하는 과정에서는 용선과 골의 경계지역에서는 대부분 고주파 성분으로만 블록이 구성되므로 잘못된 방향값을 지정하게 되는 경우가 있다. 이러한 방향잡음은 전체적으로 생성된 방향영상에서 임펄스 잡음의 형태로 나타나기 때문에 중간값 필터링을 통해 제거되어 질 수 있다.

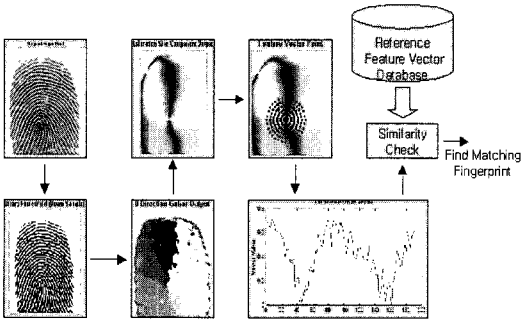


(그림 6) 지문 영상의 방향영상 변환

그림 5에서는 DC 계수 비교 방법으로 방향영상을 생성한 결과를 보여주고 있는데, (a)는 입력 지문이고, (b)는 방향잡음이 제거되지 않은 방향영상, (c)는 중간값 필터링을 통해 잡음을 제거한 결과이다.

III. 지문의 방향분포 기반의 특징벡터 생성

제안된 알고리즘은 그림 6에서와 같이 크게 이진화 과정을 포함한 전처리 과정과 방향영상 변환 과정, 방향영상 근사화 과정, 특징벡터 추출과정 등으로 구분되어 질 수 있다.



(그림 7) 특징벡터 추출 및 비교 과정

3.1 전처리 과정

본 논문에서는 지문의 방향성분을 이용하여 특징벡터를 생성하였기 때문에 비교적 간단한 전처리 과정만으로 원하는 결과를 얻을 수 있었다. 달리 말해, 전체적인 과정에서 간단한 전처리 과정의 사용으로 인하여 특징벡터를 생성하는 처리속도가 상당히 증가되는 결과를 얻게 되었다. 본 논문에서 사용된 전처리 과정은 지문 영상을 이진화 하는 과정과 방향영상 생성 시 연산량의 축소를

위해 이진화 영상을 다운 샘플링 하는 과정만을 포함한다.

3.1.1 이진화 과정

이진화 과정은 명확한 지문의 표현뿐만 아니라, 주파수별 에너지 측면에서 보면 256레벨 영상에서는 그 에너지 분포가 저주파에 치우쳐 있는 반면에, 이진 영상의 경우는 영상의 에너지 분포가 저주파를 중심으로 고주파 영역까지 확대되는 효과를 가져오게 되고, 이러한 특성은 본 논문이 방향값 설정을 하는 과정에서 보다 효과적이고 명확한 방향값 설정을 가능하게 한다.

본 논문에서 사용된 이진화 과정은 기본적으로 블록 이진화 과정을 수행하고 있는데, 이는 지문 영상의 국부적인 명암변화를 고려하여 양질의 이진화 결과를 얻기 위함이다. 하지만 어떠한 방법의 이진화 과정을 사용하든 간에 보다 양질의 이진 영상을 얻을 수 있다면 본 논문이 제시한 방법 외에 다른 방법을 사용하여도 무방하다.

다음은 본 논문에서 사용한 이진화 과정을 설명한다.

- 1) 적절한 기본 임계치를 두어 확실하게 분류되는 검은색과 흰색을 미리 변환하여 둔다.

$$I(x, y) = \begin{cases} 255 & , I(x, y) \geq \text{White threshold} \\ 0 & , I(x, y) < \text{Black threshold} \\ I(x, y) & , \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

- 2) 블록 단위(15×15)로 한 픽셀씩 이동하며 다음 과정을 수행한다.

$$T(x, y) = \frac{1}{MB^2} \sum_u \sum_v I(x+u, y+v), \quad (7)$$

$$-\frac{MB-1}{2} \leq u, v \leq \frac{MB-1}{2}$$

$$\text{Binary}I(x, y) = (I(x, y) \geq \alpha T(x, y))$$

$T(x, y)$ 는 점(x, y)를 중심으로 하는 블록의 평균값이 되며, MB는 블록의 한쪽 방향 크기이고,

α 는 기준 임계치로 $0 < \alpha \leq 1$ 의 값을 갖게 되며, BinaryI는 생성된 이진 영상이 된다.

3.1.2 이진 영상의 다운 샘플링

지문 영상의 이진화 결과는 그 융선 및 골의 방향 분포가 다운 샘플링 후에도 크게 변하지 않는다. 다시 말해, 가로, 세로 각각 1/2정도 즉, 1/4 크기의 다운 샘플링은 실제적으로 전체 지문 영상의 방향분포에 큰 영향을 미치지 않는다. 따라서 차후 계산량을 축소하고 처리속도를 증가시키기 위해 이진화 된 지문영상을 다운 샘플링하여 사용하였다.

3.2 방향영상 변환 및 근사화 과정

이진화 된 지문영상의 방향영상 변환은 2장에서 설명한 그림 4, 5와 같은 방법으로 생성하게 된다. 하지만 이렇게 생성된 방향영상은 서로 다른 방향값의 차이가 명확히 구분되는 불연속적인 방향영상이 된다. 이것은 실제 지문에서 나타나는 융선의 방향이 연속적으로 변하는 것과 비교하여 지문 영상의 방향분포를 표현하기에 부족한 점이 있다. 따라서 이렇게 생성된 불연속적인 방향영상을 방향값들의 사인성분으로의 근사화를 통하여 연속적인 방향영상으로의 근사화를 수행한다.

방향영상의 사인 성분 근사화는 다음과 같은 과정으로 수행한다.

- 1) 앞서 생성된 불연속적인 방향영상을 다음과 같이 x, y축 성분으로 변환한다.

$$\phi_x(i, j) = \cos(2 \times O(i, j)), \phi_y(i, j) = \sin(2 \times O(i, j)) \quad (8)$$

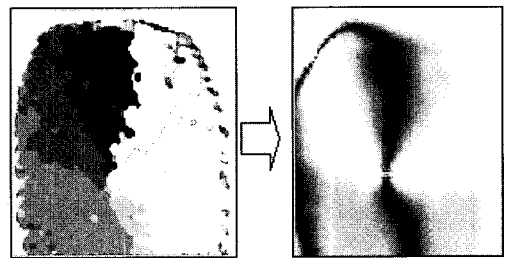
- 2) 1에서 변환된 x, y축 성분을 등간격 평균필터를 사용하여 Smoothing한다. 사용된 필터는 21×21 크기, 5간격 필터를 사용하였다.

$$\begin{aligned} \phi'_x(i, j) &= \sum_{u=-W_d/2}^{W_d/2} \sum_{v=-W_d/2}^{W_d/2} W(u, v) \phi_x(i-uw, j-vw) \\ \phi'_y(i, j) &= \sum_{u=-W_d/2}^{W_d/2} \sum_{v=-W_d/2}^{W_d/2} W(u, v) \phi_y(i-uw, j-vw) \end{aligned} \quad (9)$$

3) 2에서 Smoothing된 x, y축 방향성분을 식(10)과 같은 방법으로 근사화 된 연속계 방향영상으로 변환한다.

$$O'(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(-\frac{\phi'_y(i, j)}{\phi'_x(i, j)} \right), EO(i, j) = |\sin(O'(i, j))| \quad (10)$$

그림 7에서와 같이 근사화 된 방향영상은 $0 \sim \sqrt{2}/2$ 의 방향값 범위를 갖고 있고, 이러한 방향값 범위의 고정에 따라 근사화 된 방향영상은 일반화 된 지문영상의 방향분포에 대한 일반화 된 결과라고 볼 수 있다. 따라서 근사화 된 방향영상의 방향값들을 다른 처리 없이 특징벡터 생성 시 그대로 사용하도록 하였다. 또한 근사화 된 방향영상을 보면 하나 혹은 두 세 개의 특징점을 중심으로 회전하듯 분포하는데 이러한 특성을 이용하여 기준점(Reference point) 설정에 사용하였다. 기준점 설정에 관한 내용은 다음절에서 설명한다.



(그림 8) 방향영상의 근사화 영상

3.3 중심점 설정과 특징벡터의 생성

지문의 기준점은 지문의 방향분포의 중심이 되는 지점이며, 또한 지문 특징벡터 생성 시 기준이 되는 지점이라 할 수 있다. 대표적으로 지문의 기준점이 되는 지점들은 상위 중심점(Upper core),

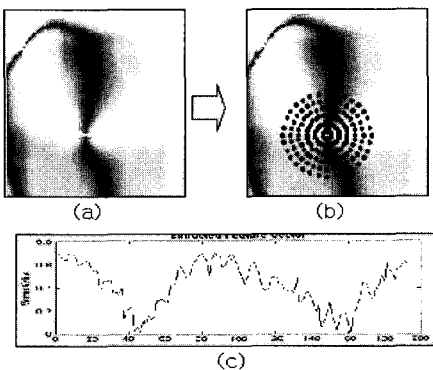
하위 중심점(Lower core), 좌, 우측 삼각주(Delta point)등을 사용할 수 있는데, 일반적으로 상위 중심점을 지문의 기준점으로 사용한다. 이것은 일반적으로 채취되는 지문의 형태 상대부분의 지문이 상위 중심점을 포함하고 있기 때문이다.

기준점의 설정과정은 간단하게 근사화 된 방향영상에서 5×5 블록 단위로 한 픽셀씩 이동하며 분산을 구함으로 설정할 수 있다. 즉, 전체 근사화 방향영상에서 분산이 가장 높은 순서로 그 지점을 찾을 수 있는데, 미리 지정된 기준점 예외영역-기준점이 나타나지 않아야 되는 지문 영역-을 제외하고 가장 높은 분산값 순서로 1~3개를 선택하여 높은 지점에 위치한 지점을 기준점으로 설정한다.

기준점이 설정이 되면 설정된 기준점을 중심으로 하여 식(11)과 같이 특징벡터를 생성한다.

$$S_{r,\theta} = EO(R_x - r\sin\theta, R_y + r\cos\theta) \quad (11)$$

식(11)에서 EO는 근사화 된 방향영상이고, R_x, R_y 는 설정된 기준점이 된다. r, θ 는 특징벡터를 생성하기 위한 특징 추출점을 지정하기 위한 방향과 거리를 표현한다. 본 논문에서는 특징벡터를 생성하기 위해 사용된 방향과 거리는 그림 8의 (b)에서와 같이 32방향 6구간으로 지정하였다.



(그림 9) 특징벡터 생성

그림 8은 근사화 된 방향영상에서 특징벡터를 추출하는 과정을 그림으로 표현한 것으로 (a)는 근사화 된 방향영상이고, (b)는 특징 추출점 지정, (c)는 특징 추출점에서 추출된 특징벡터 값들을 그림으로 표현한 것이다. 이러한 특징벡터의 나열 순서는 특징 추출점의 방향과 거리에 따라 임의로 정할 수 있는데, 반드시 항상 같은 순서대로 특징벡터를 생성해야 한다.

IV. 실험결과 및 다른 알고리즘과의 비교

본 연구에서는 IBM-PC/586 컴퓨터 시스템과 Matlab으로 전체 특징벡터 추출 시스템 및 비교 시스템을 구현하였다. 사용된 지문 영상은 임의로 채취된 전체 75명으로 분류되는 지문 총 357개를 사용하였다. 지문 영상은 그레이 레벨 영상이며, 크기는 320×288이다.

4.1 유사도 계산

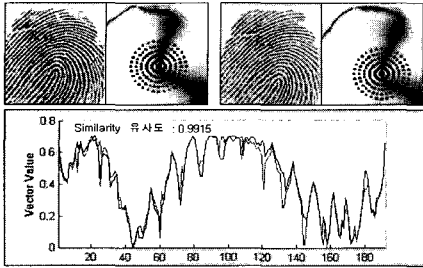
본 논문에서는 생성된 두 개의 특징벡터 혹은 대표패턴으로 지정된 특징벡터와 입력 지문에 의해 생성된 특징벡터의 유사도를 측정하기 위해 식(12)와 같은 방법으로 유사도를 계산하였다.

$$Similarity = \frac{X^T Y}{\|X\| \|Y\|} \quad (12)$$

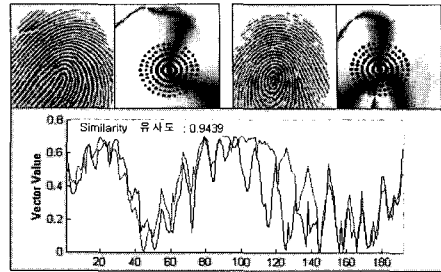
이 유사도 계산법은 비교되는 두 개의 특징벡터를 일반화하여 내적을 취한 형태이다.

4.2 유형별 비교 결과

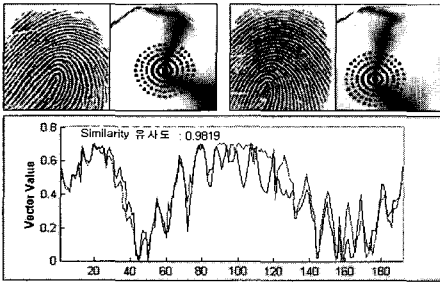
그림 9는 동일한 지문의 유사도를 비교한 결과로써 0.99이상의 높은 유사도 값을 나타내었다.



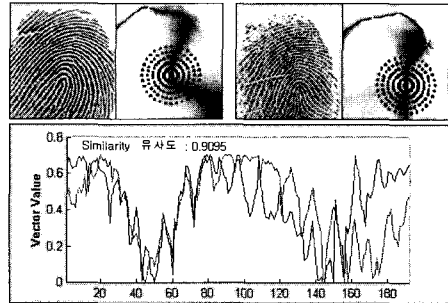
(그림 10) 동일 지문의 비교



(그림 13) 다른 유형 지문의 비교(2)



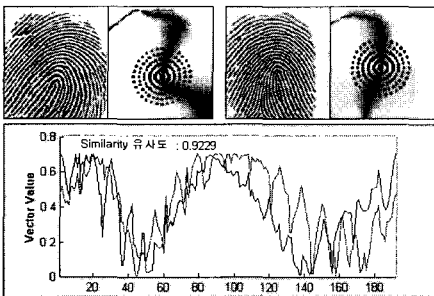
(그림 11) 동일유형 지문의 비교



(그림 14) 다른 유형 지문의 비교(3)

그림 10은 지문의 분류 중 같은 유형에 속하는 다른 지문을 비교한 결과로 0.98정도의 비교적 높은 유사도 값을 나타내었다.

그림 11, 12, 13은 지문의 분류 중 다른 유형에 속하는 지문들을 비교한 결과로 동일 지문이나 동일유형 지문의 비교결과보다 낮은 유사도 값을 나타내었다.



(그림 12) 다른 유형 지문의 비교(1)

4.3 대표패턴 생성에 따른 실험결과

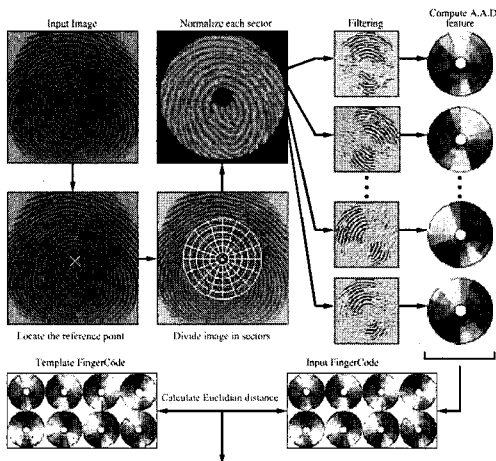
본 논문에서는 동일한 지문일 경우라도 생성된 지문 영상에 따라 약간의 회전, 영상에 첨가되 노이즈에 따라 특징벡터의 유사도에 차이가 생길 수 있기 때문에 여러 개의 동일 지문으로 생성된 특징벡터를 평균화하여 대표패턴을 생성하여 실험하였다. 따라서, 표 1에서는 1, 2, 3, 4개의 동일한 지문을 각각 사용하여 대표패턴을 생성하고, 대표패턴들과 입력으로 사용된 지문의 특징벡터의 유사도가 가장 높은 것을 동일 지문으로 선정하는 방법으로 실험한 결과를 보여주고 있다.

〈표 1〉 대표패턴 생성에 사용된 지문 개수별 실험결과

대표패턴 생성에 사용된 지문의 수	1개	2개	3개	4개
정인식	310	333	341	353
오인식	47	24	16	4
인식률(%)	86.83	93.28	95.52	98.88

표 1에 나타난 결과를 보면 3~4개의 동일 지문을 평균화하여 대표패턴을 생성하는 경우 비교적 만족할 만한 인식결과를 얻었다.

4.4 다른 유사 알고리즘과의 비교 및 결과



(그림 15) 비교된 알고리즘

본 논문에서 제시한 방법과 비교하기 위해 그림 14와 같은 알고리즘으로 본 논문에서 실험으로 사용한 지문 영상들을 이용하여 실험하였다.

그림 14의 알고리즘은 1999년 미시건 주립대에서 발표된 알고리즘으로 가버필터 뱅크를 이용하여 지문의 중심점 주변의 특정 영역을 필터링하여 나타나는 필터링 계수값을 그림에서와 같이 필터 뱅크 개수 당 80개의 Sector로 나누어

Sector별로 필터링 계수값을 평균하여 특징벡터를 생성한다. 따라서, 총 640개(8방향 필터 뱅크를 기준)의 원소를 갖는 특징벡터를 생성하게 된다.[2]

〈표 2〉 비교된 알고리즘의 실험결과

실험에 사용된 지문의 총 개수	357개(75명)
정인식	345
오인식	12
인식률(%)	96.64

표 2의 실험결과에서는 표 1에서와 같이 동일 지문의 특징벡터 여러 개를 사용하여 대표패턴을 생성한 결과와 하나의 지문의 특징벡터를 대표패턴으로 놓은 결과와 큰 차이를 보이지는 않았다. 따라서 표 2에서는 동일 지문 중 임의의 하나를 대표패턴으로 하고 실험하였다. 그 결과는 본 논문이 제시한 방법과 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

하지만 전체 시스템 처리속도를 보면 전처리 과정에서의 시스템 부하는 비슷한 반면 특징벡터를 생성하는 과정에서 비교된 알고리즘은 각 방향별 특징벡터를 생성하는 과정에서 본 논문이 제시한 방법보다 많은 양의 계산을 필요로 하였다. 또한 지문 검색과정에서도 특징벡터의 크기가 제시된 방법보다 크기 때문에 제시된 방법에 의한 것보다 느린 검색 속도를 나타내었다.

V. 결 론

본 논문을 단독으로 사용하여 지문을 통한 개인 인증에 사용하기에는 아직까지 미흡한 점이 많다. 하지만 지문의 방향분포를 이용하여 지문 인증 및

인식에 사용 될 수 있다는 가능성을 확인했으며, 이러한 방법을 사용하면 전체 시스템 처리속도나 메모리, 검색 속도에 있어서 많은 이득을 얻을 수 있을 것이다.

본 논문에서는 지문의 상위 중심점(Upper core)을 포함하는 지문만을 대상으로 실험하였기 때문에, 이런 중심점을 포함하지 않는 국부적 지문 영상에 대한 처리가 과제로 남게 된다. 그리고 회전이 심한 지문 영상을 고려하지 않았기 때문에 이러한 두 가지 과제가 앞으로의 연구방향이 될 것이다.

국부적인 지문 영상에 대해서는 다른 알고리즘과 상호 보완적 연결을 통하여 해결해 나갈 수 있을 것이라 생각되며, 회전에 관한 문제는 다중 중심점등을 사용하여 회전에 대한 오차를 보상하는 방법으로 해결할 수 있을 것이라 예상된다.

참고문헌

[1] A. K. Jain, S. Prabhakar, and L. Hong, "A Multi-channel Approach to Fingerprint Classification", IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intell., 1999.

[2] A. K. Jain, S. Prabhakar, L. Hong, "Filterbank-based fingerprint Matching", *MSU Technical Report TR99-33*, 1999.

[3] A. K. Jain, L. Hong, S. Prabhakar, and R. Bolle, "An Identity Authentication System using Fingerprints", Proceedings of the IEEE, Vol. 85, No. 9, pp. 1365~

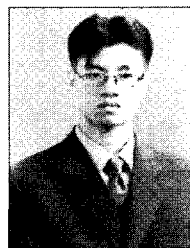
1388, 1997.

[4] L. Hong, "Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation", IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intell., 1998.

[5] MIT Media Laboratory Vision and Modeling Technical Report #137. Appears in: "Subband Coding", edited by John Woods, Kluwer Academic Press, 1990.

[6] MIT Media Laboratory Vision and Modeling Technical Report #161. Appears in: "Shiftable Multi-Scale Transforms", IEEE Trans. Information Theory, Vol. 38(2), 1992.

[7] Tai Sing Lee, "Image Representation Using 2D Gabor Wavelets", IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intell., Vol. 18, No. 10, 1996



김기철

1999 강원대학교 제어계측공학과 (BS)

2002 강원대학교 제어계측공학과 (MS)

2002~현재 (주)A&D Systems Technology 기술연구소 근무

관심분야 : 영상처리, Real Time OS, Security Systems



최 승 문

2000 강원대학교 제어계측공
학과 (BS)

2002 강원대학교 제어계측공
학과 (MS)

2002-현재(주)Linkpro 근무

관심분야 : Device Driver, Security Systems,
영상처리



이 정 문

1981 서울대학교 전자공
학과 (BS)

1983 서울대학교 전자공
학과 (MS)

1988 서울대학교 전자공학
과 (Ph.D)

1993-1994 미국 USC 방문교수

1988-현재 강원대학교

전기전자정보통신공학부 교수

관심분야 : 지능시스템, 신경망, 패턴인식