

그레이디언트 방향 특징을 이용한 손가락 관절문 인식 Finger-Knuckle Print Recognition Using Gradient Orientation Feature

김민기

경상대학교 컴퓨터학과/컴퓨터정보통신연구소

Min-Ki Kim(mkkim@gnu.ac.kr)

요약

생체인식(biometrics)은 인간이 갖는 신체적 특징을 활용하여 개인을 식별하는 연구로, 비밀번호나 ID 카드 등의 전통적인 개인 식별 방법을 대체하거나 보완할 수 있는 방법으로 많은 관심을 받고 있다. 생체인식의 대상 중 손가락 관절문은 지문, 홍채, 귀, 장문에 비하여 비교적 최근에 연구가 시작되었다. 본 논문은 그레이디언트 방향 특징을 이용하여 손가락 관절문을 효과적으로 인식하는 방법을 제안한다. 손가락 관절문의 주요 특징은 주름의 크기와 방향으로, 이러한 특징을 안정적으로 획득하기 위하여 불균일한 조명과 낮은 대비를 개선하는 전처리를 수행한 후 그레이디언트의 방향 정보를 추출하여 특징벡터를 구성하였다. 제안된 방법의 성능을 측정하기 위하여 158명으로부터 획득한 총 790개 손가락 관절문 영상을 대상으로 실험을 수행하였다. 실험 결과 99.69%의 인식률을 얻었으며, 기존 관련 연구에 비하여 1.882라는 높은 결정계수를 보여 제안된 방법이 손가락 관절문 인식에 효과적임을 확인하였다.

■ 중심어 : | 생체인식 | 손가락 관절문 | 그레이디언트 방향 |

Abstract

Biometrics is a study of identifying individual by using the features of human body. It has been studied for an alternative or complementary method for the classical method based on password, ID card, etc. In comparison with the fingerprint, iris, ear, palmprint, finger-knuckle print has been recently studied. This paper proposes an effective method for recognizing finger-knuckle print based on the feature of Gradient orientation. The main features of finger-knuckle print are the size and direction of wrinkles. In order to extract these features stably, we make a feature vector consisted of Gradient orientations after the preprocessing of enhancing non-uniform brightness and low contrast. Total 790 images acquired from 158 persons have been used at the experiment for evaluating the performance of the proposed method. The experimental results show the recognition rate of 99.69% and the relatively high decidability index of 1.882. These results demonstrate that the proposed method is effective in recognizing finger-knuckle print.

■ keyword : | Biometrics | Finger-Knuckle Print | Gradient Orientation |

I. 서론

전자상거래, 인터넷 뱅킹 등 가상공간에서의 활동 영

역이 점차 확대됨에 따라 개인에 대한 신원 확인의 필요성이 실세계는 물론 가상공간으로도 빠르게 확산되고 있다. 기존의 신원 확인 방법은 특정인만 알고 있는

* 본 연구는 IIT 대학에서 구축한 손가락 관절문 영상 데이터베이스(IITD-FK DB)를 이용하였음을 밝히며, 연구 목적으로 데이터를 제공해 준 A. Kumar 교수께 감사드립니다.

접수번호 : #120925-002

접수일자 : 2012년 09월 25일

심사완료일 : 2012년 11월 01일

교신저자 : 김민기, e-mail : mkkim@gnu.ac.kr

아이디, 비밀번호를 이용하거나 특정인이 소유하고 있는 ID카드, 키 등을 이용하였다. 이 방법은 아이디, 비밀번호 등을 본인이 잊거나 다른 사람에게 유출될 수 있고, 카드나 키 등을 분실하거나 불법적으로 복제될 수 있는 단점들이 있다[1]. 생체인식(biometrics)은 인간이 갖는 신체적 특징을 활용하여 개인을 식별하는 연구로, 비밀번호나 ID 카드 등의 전통적인 개인 식별 방법을 대체하거나 보완할 수 있는 방법으로 많은 관심을 받고 있다.

얼굴과 손은 개인을 식별할 수 있는 다양한 특징들을 내포하고 있어, 생체인식의 주요 연구대상이 되고 있다. 지문(fingerprint)을 이용한 개인 식별 연구는 아주 오래전부터 진행되어 왔으며, 현재 범죄수사에서의 용의자 식별, 공항 등에서의 신원조치 등에 폭넓게 활용되고 있다. 얼굴은 그 자체로 개인을 식별할 수 있는 많은 정보를 갖고 있으며, 홍채(iris)나 귀(ear)만으로도 개인을 식별할 수 있는 충분한 정보를 추출할 수 있다[2][3]. 손에는 지문을 비롯한 정맥(vein), 장문(palm print), 손가락 관절문(finger-knuckle print) 등이 개인 식별을 위한 특징으로 연구되고 있다. 손가락 관절문에 대한 연구는 생체인식 분야에서 비교적 최근에 관심의 대상이 되었다[4]. 손가락 관절문은 지문, 얼굴 등에 비하여 영상 획득 과정에서 사용자에게 정서적인 거부감이 적고, 귀에 비하여 영상 획득이 용이한 장점이 있다. 여타의 생체인식 연구에서와 같이 손가락 관절문 인식을 위해서는 영상 획득, 관심영역 추출, 특징 추출 및 정합 과정이 필요하다[5][6]. 이러한 일련의 과정 중에서 손가락 관절문에 나타나는 특징을 추출하고 정합하는 방법이 핵심적인 연구의 대상이 되고 있다.

손가락 관절부에 나타나는 텍스처의 특징을 이용하여 관절문을 인식한 Kumar와 Ravikanth의 연구[7][8]에서는 부공간(subspace) 기반의 주성분 분석(PCA), 선형식별 분석(LDA), 독립성분 분석(ICA) 방법을 적용하여 관절 표면의 텍스처에 대한 전역적 특징을 추출하였다. 이 방법은 영상 전체의 전역적 명도 값을 특징으로 사용하기 때문에 영상을 획득할 때의 조명변화에 민감한 단점이 있다. Kekre 외[9]는 $M \times M$ 정방향 관심영역을 설정하고 웨이블릿 변환을 적용하여 특징을 추출하였다. 3단계까지 웨이블릿 분해를 수행하고, 각 단

계별로 LH, HL, HH에서 웨이블릿 에너지 값을 이용하므로, 특징벡터는 총 27차원의 벡터가 된다. 이 방법은 매우 작은 크기의 특징벡터를 이용하기 때문에 고속 인식이 가능한 장점이 있으나 만족할 만한 인식 성능을 나타내진 못하였다.

Gabor 필터는 국부적인 방향 성분에 의한 텍스처 추출에 효과적인 것으로 알려져 있어 얼굴인식이나 장문인식 연구에서 널리 이용되어 왔다[10-12]. Zhang 외 [4][6]는 장문인식 연구에서 우수한 성능을 보인 Gabor 필터 기반의 방향 특징을 이용하여 손가락 관절문 인식에 적용하였다. 각 화소별로 Gabor 필터를 적용하여 6개 방향에 대한 에너지를 추출하고, 최대 에너지를 나타내는 방향을 특징으로 한다. 이렇게 각 화소별 방향 성분으로 특징벡터인 CompCode를 생성한다. Kumar와 Zhou[5][13]는 손가락 관절문에 나타나는 주름의 크기와 방향을 안정적으로 추출하기 위하여 국소화된 Radon 변환(localized Radon transform)을 이용하였다. 주름 부분은 명도 값이 주변 화소에 비하여 작게 나타나므로 이러한 명도 변화를 감지하여 이들 방향을 추출할 수 있다. 14×14 크기의 국부영역에서 2개 화소의 폭으로 여섯 방향에 해당하는 위치에 있는 화소들의 명도 값을 누적하여 그 값이 최소가 되는 방향을 특정 화소에서의 방향성분으로 결정한다. 이렇게 각 화소별 방향 성분으로 만들어진 특징벡터인 KnuckleCode가 생성된다. Gabor 필터와 Radon 변환을 이용하여 추출한 방향 특징벡터는 만족할 만한 인식 성능을 나타내고 있다.

손가락 관절문의 주요 특징은 주름의 크기와 방향으로, 이러한 특징은 장문에 나타나는 특징과 매우 유사하다. 따라서 장문인식에서 사용된 특징 추출 방법들이 손가락 관절문 인식에 잘 적용되고 있음을 알 수 있다. 장문인식 분야에서 국소 방향 정보를 이용한 연구들이 상대적으로 뛰어난 인식 성능을 보여주고 있다. 본 연구에서는 이러한 점에 착안하여 국소 방향 특징 추출에 기반한 손가락 관절문 인식 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장 서론에 이어, 2장에서는 안정적인 그레이디언트 방향 추출 방법을 설명한다. 3장에서는 관심영역 영상에 대한 개선과 그레이디언트에 기반한 특징벡터인 GradientCode 생성 방법, 그리고 두 특징벡터간의 유사도 측정 방법을 기술한다.

4장에서는 실험결과를 통해 제안된 방법의 파라미터 특성과 인식 성능을 분석하고, 마지막으로 5장에서 결론과 향후 연구 과제를 제시한다.

II. 그레이디언트 방향 추출

명도 영상에서 좌표 값 (x, y) 에 위치한 화소의 밝기 값을 나타내는 함수를 $f(x, y)$ 라고 할 때, 좌표 값 (x, y) 에서 그레이디언트는 식 (1)과 같이 벡터로 정의된다.

$$\nabla f(x, y) = \left[\frac{\delta f}{\delta x}, \frac{\delta f}{\delta y} \right] \quad (1)$$

명도 영상의 밝기 값을 지형도에서의 고도로 비유하여 표현하면, 임의의 한 점에서의 그레이디언트 벡터의 방향은 그 점에서의 가장 급격하게 경사진 방향을 의미하며, 그레이디언트 벡터의 크기는 경사도를 나타낸다. 일반적으로 그레이디언트의 방향은 그레이디언트의 크기에 비하여 다양한 조명 변화에 강인한 특성을 갖기 때문에, 본 논문에서는 그레이디언트의 방향 특징으로 손가락 관절부의 주름이 갖는 특징을 기술하였다.

그레이디언트 벡터를 구하기 위하여 Kirsch 연산자 [14]를 적용하였다. 임의의 한 점 (x, y) 에서 균일한 각도로 조사할 때, 그레이디언트의 방향은 식 (2)와 같이 기술된다.

$$d(x, y) = \arg \text{Max}_k \left(\sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 g_{ij}^{(k)} I(x+i, y+j) \right) \quad (2)$$

위 식에서 $g^{(k)}$ 는 미분 커널이고, $I(x, y)$ 는 좌표 (x, y) 에 위치한 화소의 밝기 값이다. 인수 k 는 방향을 나타내는 것으로, 45도 간격으로 탐색할 경우 k 는 0부터 7까지의 8방향을 갖는다. 이 중 최대값을 갖게 되는 인수 k 가 그레이디언트 벡터의 방향이 된다. 그러므로 Kirsch 연산자를 사용할 경우 Huang의 연구[15]와 달리 그레이디언트 벡터에 대한 방향 분해 과정이 필요하지 않다. Kirsch 연산자를 이용하여 그레이디언트를 계

산하는 방식의 또 다른 이점은 정수형 곱셈과 비교 연산만이 요구되므로 계산이 효율적이다.

Kirsch 연산자는 원래 에지 검출을 위하여 제안된 것으로, 영상과 3×3 크기의 미분 커널을 바로 회전(convolution)시켜 그레이디언트 방향을 추출할 경우 탐색영역이 매우 협소하여 손가락 관절문에 나타나는 특징을 안정적으로 기술할 수 없다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 $n \times n$ 크기의 스캐닝 윈도우를 정의하였다. 스캐닝 윈도우는 3×3 의 서브 윈도우로 이루어진다. 서브 윈도우의 크기가 $m \times m$ 이면 스캐닝 윈도우의 크기는 $3m \times 3m$ 이 된다. 스캐닝 윈도우를 이동시켜가면서 서브 윈도우에 중첩되는 영상의 밝기 값에 대한 평균으로 스캐닝 윈도우에 중첩되는 국소 영상을 3×3 로 압축한 후 이것을 Kirsch 연산자의 미분 커널과 회전시켜 그레이디언트 방향을 추출한다. 이렇게 하면 보다 넓은 영역을 조사하기 때문에 영상을 3×3 크기의 미분 커널과 직접 회전시키는 것에 비해 훨씬 더 안정적인 그레이디언트 방향을 추출할 수 있다.

III. 특징벡터 생성 및 유사도 측정

1. 특징벡터 생성

손등 영상에서 손가락 관절부가 본 연구의 관심영역이다. 전체 영상에 비하여 관심영역 내의 조명 변화는 상대적으로 작은 편이지만 불균일한 밝기와 낮은 대비가 나타나기 때문에 그레이디언트 방향을 추출하기 전에 전처리를 통해 영상을 개선한다. 관심영역을 10×10 크기의 블록으로 나누어 각 블록내의 평균 밝기 값을 구한다. 이 값으로 각 블록의 개략적인 조도를 추정할 수 있으므로, 이 값을 토대로 바이큐빅 보간(bi-cubic interpolation)을 통해 관심영역의 조도를 추정할 수 있다[13]. 원 영상에서 추정된 평균 조도를 감하면 조도가 균일한 영상을 얻을 수 있다. 감산연산에 의하여 명도 값이 낮은 쪽으로 쏠리는 것은 평활화를 통해 해결할 수 있다. [그림 1]에서 (a)는 관심영역 영상, (b)는 추정된 조도 영상, (c)는 균일한 조도를 갖도록 개선된 영상으로 영상 (a)에서 영상 (b)를 감하여 얻을 수 있다. (d)는 영상 (c)에 히스토그램 평활화를 적용하여 대비를

향상시킨 영상이다.

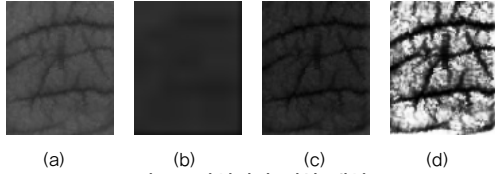


그림 1. 관심영역 영상 개선

손가락 관절문에 대한 특징벡터는 개선된 영상의 각 화소에서 구한 그레이디언트 방향으로 기술된다. [그림 2]는 [그림 1] (d) 영상으로부터 추출한 그레이디언트 방향과 크기를 도시화한 영상이다. 관심영역의 크기가 80×100 이므로, 관심영역 내의 모든 화소에 대하여 그레이디언트 방향을 구하여 코딩할 경우 특징벡터의 크기는 80×100 이 된다.

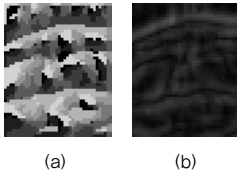


그림 2. 그레이디언트 방향과 크기

2. 유사도 측정

두 특징벡터간의 유사도 측정은 두 벡터 간에 대응되는 요소들끼리의 비교에 의해 이루어진다. 각 요소들은 0부터 7까지의 방향을 나타내므로 두 요소들 간의 거리는 모듈 연산(modulo operation)으로 구한다. 질의 영상 Q 에서 구한 특징벡터를 V_Q , 참조 영상 R 에서 구한 특징벡터를 V_R 이라 할 때, $m \times n$ 크기의 두 특징벡터 간의 거리는 식 (3)으로 나타낼 수 있다. 함수 f_k 는 k -모듈 연산을 의미하며, 분모는 특징벡터의 크기에 무관하게 두 벡터 간 거리를 정규화하는 역할을 수행한다.

$$d(V_Q, V_R) = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f_k(V_Q(i, j), V_R(i, j))}{\frac{k}{2}(mn)} \quad (3)$$

손등 영상에서 관심영역을 추출할 때, 동일한 영역을 정확하게 추출하는 것은 매우 어려운 일이다. 따라서 관심영역 추출 과정에서 발생하는 약간의 이동이나 회전으로 인한 변형을 흡수할 수 있어야 한다. 제안하는 그레이디언트 방향 특징은 8방향을 이용하므로, 22.5도 범위까지의 회전 변형을 흡수할 수 있으나, 이동에 의한 변형은 흡수할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 정합할 때, 상하좌우로 참조 영상을 이동시켜 가면서 질의 영상과의 유사도를 계산하여 최소 거리를 두 벡터 간의 거리로 산정하도록 하였다.

IV. 실험 결과 및 분석

1. 실험 환경

제안된 방법은 코어2 듀오(2.94GHz) 프로세서, 윈도우7 환경에서 MS 비주얼 스튜디오 2010을 이용하여 C++로 구현하였다. 실험에 사용된 손가락 관절문 영상 데이터베이스[16]는 인도 IIT 대학에서 구축한 것으로, 이 영상 데이터베이스는 디지털 카메라를 이용하여 158 명으로부터 각각 5장씩 촬영한 총 790개 영상으로 구성되어 있다. [그림 3]은 중지에서 추출한 관심영역에 해당하는 영상의 표본들을 예시한 것이다.

2. 손가락 관절문 인식 성능 측정

Kirsch 연산자를 이용한 그레이디언트 방향 특징은 스캐닝 윈도우의 크기 즉, 서브 윈도우의 크기가 증가함에 따라 그레이디언트의 탐색 영역이 확장된다. 그리고 그레이디언트 방향을 기본 요소로 하는 특징벡터는 관심영역 내의 화소에 대한 표본화(sampling) 간격에 따라 벡터의 크기가 달라진다. 표본화 간격을 늘리면 정보의 손실이 발생하나 벡터의 크기가 작아져 인식 속도를 향상시킬 수 있다. 표본화 간격이 두 배 늘어나면, 벡터의 크기는 4분의 1로 줄어들어 정합에 소요되는 시간이 이에 비례하여 줄어드는 이점이 있다.

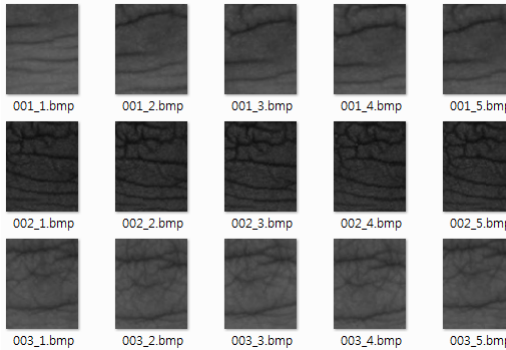


그림 3. IITD-FK DB 영상

스캐닝 윈도우의 크기와 표본화 간격이 인식 성능에 미치는 효과를 알아보기 위하여 전체 영상 중 250개를 대상으로 실험을 수행하였다. 생체인식은 질의 영상으로부터 데이터베이스 등록된 특징인을 찾아내는 식별(identification)과 질의 영상이 특징인의 것인지 아닌지를 판단하는 인증(verification)이라는 두 가지 응용이 존재하므로, 본 논문에서는 인식 성능을 인식율과 결정계수라는 두 가지 측면에서 살펴보았다. 질의 영상과 참조 영상을 비교하여 최소 거리로 판단한 참조 영상의 소유인과 질의 영상의 소유인이 동일인인 경우를 정인식, 그렇지 않은 경우를 오인식이라고 할 때, 인식률은 식(4)와 같이 표현된다.

$$\text{인식률} = \frac{\text{정인식한개수}}{\text{정인식한개수} + \text{오인식한개수}} \times 100(\%) \quad (4)$$

결정계수(decidability index)는 Daugman[17]이 홍채 인식 성능을 측정하기 위한 수단으로 제안한 것으로, 진짜와 가짜에 대한 양자택일의 결정 문제에서 두 집단의 분포가 얼마나 잘 분리되어 나타나는지를 보여준다. 결정계수는 식(5)와 같이 나타나는데, 결정계수 d' 가 클수록 두 집단이 잘 분리됨을 나타낸다. μ_1 과 μ_2 는 두 집단의 평균을 나타내고, σ_1 과 σ_2 는 두 집단의 표준편차를 나타낸다.

$$d' = \frac{|\mu_1 - \mu_2|}{\sqrt{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)/2}} \quad (5)$$

[그림 3]과 [그림 4]는 스캐닝 윈도우의 크기를 3×3 , 9×9 , 15×15 , 21×21 로 변화시키고, 표본화 간격을 1, 2, 4로 변화시켜 가면서 인식율과 결정계수를 산출한 결과를 그래프로 제시한 것이다. 스캐닝 윈도우의 크기가 9×9 와 15×15 일 때, 상대적으로 높은 인식률을 보였으며 결정계수도 크게 나타났다. 표본화 간격은 스캐닝 윈도우의 크기가 3×3 인 경우를 제외하고는 1(S1)일 때, 가장 좋은 성능을 나타냈으며, 표본화 간격이 2(S2)인 경우와 4(S4)인 경우 결정계수는 큰 차이를 나타내지 않았다.

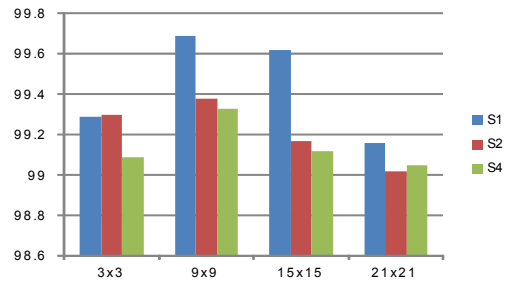


그림 4. 윈도우 크기와 표본화 간격에 따른 인식률

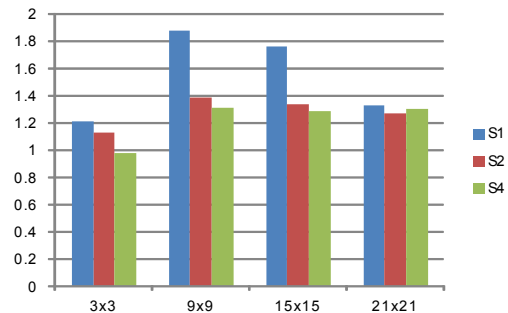


그림 5. 윈도우 크기와 표본화 간격에 따른 결정계수

기존 연구와 제안하고 있는 그레이디언트 방향 특징을 이용한 손가락 관절문 인식 방법의 성능을 비교하기 위하여 변형된 Radon 변환(MFRAT)을 이용하여 특징벡터 KnuckleCode를 추출하는 방법[13]과 장문인식에서 우수한 성능을 보인 Gabor 필터 기반의 특징벡터 CompCode를 이용한 방법[4]을 직접 구현하여 비교 실험을 수행하였다. [표 1]은 손가락 관절문 영상 데이터

베이스에 있는 전체 영상, 총 790개 영상을 대상으로 인식률과 결정계수를 측정한 결과이다. 실험 결과 [표 1]에 제시된 바와 같이 제안하는 방법은 99.69%의 인식률을 보여 KnuckleCode 방식의 인식률에 버금가는 결과를 보였으며, 결정계수의 측면에서는 1.882로 가장 높게 나타나 제안된 방법이 손가락 관절문 인식에 효과적인 것으로 나타났다.

표 1. 손가락 관절문 인식 성능 비교

방법 \ 인식성능	인식률	결정계수(d')
KnuckleCode	99.73	1.161
CompCode	99.50	0.680
GradientCode	99.69	1.882

V. 결론 및 향후 과제

생체인식 시스템은 영상 획득, 관심영역 추출, 특징 추출 및 정합 과정을 거쳐 개인을 식별한다. 이러한 일련의 과정 중에서 손가락 관절문에 나타나는 특징을 추출하고 정합하는 방법이 핵심적인 연구의 대상이 되고 있다. 본 연구에서는 손가락 관절문 영상으로부터 안정적인 그래디언트 방향 특징을 추출하여 인식하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 기존의 관련 연구와의 성능비교 실험결과 인식률에 있어서 만족할 만한 결과를 보였으며, 특히 결정계수가 가장 높게 나타나 개인 인증에 효과적인 것으로 확인되었다. 그러나 아직 지문이나 홍채는 물론 장문인식 성능에 비하여도 인식 성능이 낮으므로, 성능 향상을 위해서는 성능 저하에 대한 다양한 원인을 분석하고 이를 해결할 수 있는 방법을 지속적으로 모색하여야 한다. 본 연구의 실험 결과를 장문인식에 대한 연구 결과에 비추어 볼 때, 관심영역을 추출하는 단계에서 정확한 영역을 추출하지 못하여 회전 및 이동 변환이 크게 나타난 것이 오류의 주된 요인으로 판단된다. 따라서 후속 연구에서는 손등 전체 영상으로부터 정확하게 관심영역을 추출할 수 있는 방법을 탐색해 나갈 계획이다. 또한 기존 연구에서 제시된 특징벡터들의 특성을 상호 보완할 수 있는 특징 용

합 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] N. K. Ratha, A. Senior, and R. M. Bolle, "Automated biometrics," ICAPR 2001, LNCS Vol.2013, pp.445-453, 2001.
- [2] S. Shah and A. Ross, "Iris Segmentation Using Geodesic Active Contours," IEEE Trans. on Information Forensics and Security, Vol.4, No.4, pp.824-836, 2009.
- [3] L. Yuan and Z. Mu, "Ear recognition based on local information fusion," Pattern Recognition Letters, Vol.33, pp.182-190, 2012.
- [4] L. Zhang, L. Zhang, and D. Zhang, "Finger-knuckle-print: A new biometric identifier," 16th International Conf. on Image Processing(ICIP), pp.1981-1984, 2009.
- [5] A. Kumar and Y. Zhou, "Human Identification Using KnuckleCodes," BTAS '09, pp.1-6, 2009.
- [6] L. Zhang, L. Zhang, D. Zhang, and H. Zhu, "Online finger-knuckle-print verification for personal authentication," Pattern Recognition, Vol.43, pp.2560-2571, 2010.
- [7] A. Kumar and C. Ravikanth, "Personal Authentication Using Finger Knuckle Surface," IEEE Trans. on Information Forensics and Security, Vol.4, No.1, pp.98-110, 2009.
- [8] C. Ravikanth and Kumar, "Biometric Authentication Using Finger-Back Surface," International Conf. on CVPR/07, pp.1-6, 2007.
- [9] H. B. Kekre and V. A. Bharadi, "Finger-Knuckle-Print Verification using Kekre's Wavelet Transform," ICWET 2011, pp.32-37, 2011.
- [10] F. Bianconi and A. Fernandez, "Evaluation of the effects of Gabor filter parameters on texture classification," Pattern Recognition, Vol.40, pp.

3325-3335, 2007.

[11] C. Liu, "Gabor-Based Kernel PCA with Fractional Power Polynomial Models for Face Recognition," IEEE Trans. on PAMI, Vol.26, No.5, pp.572-581, 2004.

[12] W. K. Kong, D. Zhang, and W. Li, "Palmprint feature extraction using 2-D Gabor filters," Pattern Recognition, Vol.36, pp.2339-2347, 2003.

[13] A. Kumar and Y. Zhou, "Personal identification using finger knuckle orientation features," Electronics Letters, Vol.45, No.20, pp.1023-1025, 2009.

[14] R. Kirsch, "Computer determination of the constituent structure of biological images," Computers & Biomedical Research, Vol.4, pp.315-328, 1971.

[15] L. Huang, A. Shimizu, Y. Hagihara, and H. Kobatake, "Gradient feature extraction for classification-based face detection," Pattern Recognition, Vol.36, pp.2501-2511, 2003.

[16] http://www4.comp.polyu.edu.hk/~csajaykr/IITD/iitd_knuckle.htm

[17] J. Daugman, "The importance of being random: statistical principles of iris recognition," Vol.36, pp.279-291, 2003.

▪ 2000년 ~ 현재 : 경상대학교 컴퓨터과학과 교수, 경상대학교 컴퓨터교육과 겸임, 컴퓨터정보통신연구소 연구원, 교육연구원 연구원
<관심분야> 생체인식, 패턴인식, 영상처리

저 자 소 개

김민기(Min-Ki Kim)

정회원



- 1989년 : 중앙대학교 전자계산학과(이학사)
- 1994년 : 중앙대학교 전자계산학과(이학석사)
- 1998년 : 중앙대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
- 1998년 ~ 1999년 : KRIC 선임연구원
- 1999년 ~ 2000년 : KERIS 책임연구원, 연구위원