

지문 영상의 자동 분류에 관한 연구

임인식, 신태민, 박구만, 이병래, 박규태

연세대학교 전자공학과

A Study on Automatic Classification of Fingerprint Images

In Sic Lim, Tae Min Sin, Goo Man Park, Byeong Ree Lee

and Kyu Tae Park

Electronics, Yonsei University

ABSTRACT

This paper describes a fingerprint classification on the basis of feature points(whorl, core) and feature vector and uses a syntactic approach to identify the shape of flow line around the core.

Fingerprint image is divided into 8 by 8 subregions and fingerprint region is separated from background. For each subregion of fingerprint region, the dominant ridge direction is obtained to use the slit window quantized in 8 direction and relaxation is performed to correct ridge direction code. Feature points(whorl, core, delta) are found from the ridge direction code.

First classification procedure divides the types of fingerprint into 4 class based on whorl and cores.

The shape of flow line around the core is obtained by tracing for the fingerprint which has one core or two core and is represented as string. If the string is acceptable by LR(1) parser, feature vector is obtained from feature points(whorl, core, delta) and the shape of flow line around the core.

Feature vector is used hierarchically and linearly to classify fingerprint again.

The experiment resulted in 97.3 percentages of successful classification for 71 fingerprint impressions.

1. 서론

최근에는 인구의 증가로 처리해야 할 지문의 양이 방대해지면서 컴퓨터에 의한 지문의 자동 인식이 절실히 요구되어 그 동안 이 분야에 대해 많은 연구가 진행되어 왔다. 본 연구에서는 지문의 자동 인식중에서, 탐색 영역을 좁혀줌으로써 인식을 효율적으로 하기 위한 지문의 자동 분류에 대해 연구하였다.

본 연구의 분류 방법은 코어 주변의 흐름선을 구분론적으로 해석하여 지문의 형태를 확인한 후, 특징점과 특징 벡터에 의해 지문을 분류하였다. 실험 결과, 샘플 지문 71개에 대해 97.3%의 분류율을 얻었다.

2. 지문 분류 시스템의 구성과 사전 처리

(1) 시스템의 구성

지문 분류 시스템의 전체 구성은 그림 1과 같다.

(2) 지문 영역과 배경 영역의 분리

488 * 512 화소의 지문 영상을 68 * 64의 단위 영역으로 분할하고 계조도 평균값과 그림 2의 8 방향으로 양자화된 슬릿 형태의 윈도우를 그림 3과 같이 윈도우와 수직인 방향으로 이동하여 단위 영역의 지문 존재 여부를 그림 4와 같이 조사하고, 그림 5의 배열의 구성 요소레이블링, 그림 6의 경계선 추적, 그림 7의 내부 세우기에 의해 지문 영상을

지문 영역과 배경 영역으로 분리한다.

(3) 능선의 방향 정보 추출

랜덤 잡음을 제거할 목적으로 평화화를 수행한다. 지문 영역과 배경역을 분리할 때 사용했던 형태의 그림 8의 4개 윈도우를 작은 것부터 차례로 이용하여 그림 9와 같이 방향을 구한다.

(4) 특출적 이관법에 의한 잡음 제거

(3)에서 구한 방향 정보 가운데 잡음을 제거와 내삽을 위해 그림 10의 결합 계수와 능선 방향 정보 P(i, j)와 C(i, j)를 사용하여 특출적 이관법에 의해 그림 11의 방향 부호를 얻는다.

(5) 특징점 추출

특징점이 있는 곳은 방향차가 심하므로 8근방을 고려하여 극값을 계산하여 그림 12과 같이 특징점이 있을 만한 후보 영역을 찾는다. 그림 13의 두 형태의 윈도우와 표 1의 되스기 법칙을 사용하여 그림 14을 구하고 균질을 이루는 원소들에 대해 유클리디언 거리를 계산하여 가장 작은 값을 갖는 단위 영역을 그림 15와 같이 특징점으로 한다.

(6) 흐름선 추적 및 문자열 생성

흐름선 추적 및 문자열 생성은 코어가 한 개와 두 개인 지문에 대해서만 수행한다. 코어 주변의 흐름선을 정확하게 찾으려면 우선 코어의 방향을 찾아야 한다. 본 연구에서는 그림 16과 같이 16 방향으로 양자화된 코어 형태의 윈도우를 사용하여 그림 17과 같이 코어의 방향을 찾는다. 출발점은 그림 18과 같이 코어의 방향을 구할 때 사용된 윈도우의 머리로 한다. 흐름선 추적 기준은 현재 위치의 방향과 바로 이전의 위치 및 방향으로 결정한다. 추적 범위는 코어가 한 개인 때는 그림 19의 레이블값이 4일 때까지도 하고, 코어가 두 개인 때는 그림 20과 같이 코어와 코어의 이동본선까지이거나, 코어가 두 개인 uar loop를 고려하여 그림 19의 레이블값이 4일 때까지도 한다. 그림 21은 흐름선을 추적한 예이다. 얻은 흐름선을 코어의 방향을 기준으로 하여 재편성함으로써 문자열을 생성한다. 문자열을 구성하는 원시형태는, 흐름선을 추적할 때, 방향 부호에 방향성을 부여하게 되어 그림 22과 같이 16개가 된다.

3. 지문 분류

(1) 논법 구성

본 연구에서는 앞에서 구한 흐름선의 형태가 특징점과 연관지어 나타낼 수 있는 형태인가를 판단하기 위해 논법 자유 논법을 사용하여 논법과 파서를 구성하였다.

(2) 구분 해석

문자열을 코어가 한 개와 두 개인 경우로 나누어 구분 해석한다.

코어가 한 개인 경우의 처리 과정은 그림 23과 같이 코어의 방향을 기준으로 왼쪽 문자열과 오른쪽 문자열을 따로따로 처리하고 또 2개 같이 문자열을 받아 들인 분법의 조합에 의해 지문의 형태를 판단하여 특징 벡터를 계산할 때 사용한다.

코어가 두 개인 경우의 처리 과정은 그림 24와 같고 4 개의 문자열중 하나라도 받아 들여지지 않으면, ular loop인가를 알아 보기 위해 상위 코어의 흐름선 끝의 레이블값이 4 인가를 조사한다.

(3) 특징 벡터 계산

특징 벡터는 코어가 한 개와 두 개인 경우로 나누어 계산한다.

코어가 한 개인 지문 형태에서의 모든 특징 벡터는 그림 25와 같다.

코어가 두 개인 지문 형태에서의 모든 특징 벡터는 그림 26과 같다.

(4) 분류

분류는 특징점에 의한 일차 분류와 특징 벡터에 의한 재분류로 나눈다.

특징점에 의한 일차 분류는 특징점 가운데 필과 코어에 의해 또 3가지로 분류한다.

코어가 한 개와 두 개인 형태에 대해서 특징 벡터에 의해 재분류한다. 그림 27은 특징 벡터에 의한 분류 효과를 나타낸 것이다.

코어가 한 개인 경우인 경우, 다른 특징 벡터사이에는 계층적으로, 같은 특징 벡터 사이에는 선형적으로, 특징 벡터를 사용하여 지문을 재분류한다. 특징 벡터 LFDDM과 RFDDM에 있어서는 또 2의 상태를 사용하여 델타가 흐름선의 왼쪽에 있는지 또는 오른쪽에 있는지를 알 수 있게끔 특징 벡터값 앞에 레이블을 붙인다.

코어가 두 개인 경우는 ular loop 형태를 따로 분류하고, 나머지는, 다른 특징 벡터 사이에는 계층적으로, 같은 특징 벡터 사이에는 선형적으로, 특징 벡터를 사용하여 지문을 재분류한다.

델타와 관계된 특징 벡터는, 델타가 남입되지 않는 경우가 많으므로, 분류를 위해 비교할 두 지문에 델타가 존재할 때만 선택적으로 사용한다.

4. 실험 및 결과 고찰

CCD 카메라와 해상도가 512 * 512이고 게조도가 256인 디지털이저를 이용하여 지문원지로부터 지문 영상을 입력한다. 프로그래밍 언어는 C 언어를 사용하였고 이를 IBM PC / AT와 FG100에 실험하였다.

본 연구의 방법과 같이 전체 지문 영역에 대해 방향 정보를 구한 후, 지문의 능선 방향은 대부분 갑자기 변하지 않는다는 점에 착안하여 이미 구해 놓은 근방 영역의 방향 정보와 자기 영역의 방향 정보를 이용하여 제자 방향 정보를 추출하는 것을 고려해 볼 만하다.

이러한법을 수행할 때, 처리 대상의 주변을 넓게 보아 구조적 정보를 추출하여 결합 계수에 반영하는 점을 고려하거나 구분론적으로 분석한 후, 구분론에 맞게 내삽하여 특징 벡터를 계산할 수 있는 근거를 마련해 주는 것도 고려할 만하다.

문자열 생성은 코어의 방향을 기준으로 흐름선을 재편성하여 문자열을 생성함으로써 상대적 좌표를 사용하는 효과와 있어, 지문이 틀어져 입력되더라도 형태를 파악하는 데는 문제가 없다. 그러나 이럴 경우 특징 벡터중 코어 방향의 정확성이 문제가 된다.

특징점에 의한 일차 분류의 예는 그림 28과 같다. 코어가 한 개인 지문 유형에 대한 특징 벡터에 의한 재분류의 예는 그림 29와 같다.

코어가 두 개인 지문 유형에 대한 특징 벡터에 의한 재분류의 예는 그림 30과 같다.

본 연구에서는 데이터베이스를 잡았으므로 정확한 분류율을 계산할 수 없지만 코어를 잃는 경우와, 구분론적으로 받아들이지 않는 경우를 오분류로 정의하여 분류 결과표 또 4에 제시하였다.

5. 결론

본 연구에서는 특징점과 특징 벡터를 구하여 지문을 분류하였다. 전체 시스템은 사전 처리와 분류 단계로 나누어진다. 사전처리는 지문 영역과 배경 영역의 분리, 방향 정보 추출, 확률적 이완법에 의한 잡음 제거, 특징점 추출, 흐름선 추적, 문자열 생성으로 이루어져 있다. 분류는 구분론적으로 지문의 형태를 검증하여 특징점과 특징 벡터의 유효성과 정확성을 판단한 후, 특징점과 특징 벡터에 의해 지문을 분류하였다.

특징점과 특징 벡터를 계층적으로 사용함으로써 10가지 분류법이 가지는 분류의 모호성을 해결할 수 있었다. 또한 특징 벡터를 계층적이고, 선형적으로 사용함으로써 상세한 분류를 기대할 수 있게 되어 분류의 가지수를 증가시키는 효과를 얻을 수 있을 것으로 본다.

본 연구에서 제시한 분류 알고리즘중에 사전처리에서 시간의 많이 걸리므로 처리 시간을 줄이기 위한 하드 웨어 개발이 필요하다.

각 처리 단계에서, 지문의 질을 평가하여 계속적인 처리의 진행 여부를 결정하는 적절한 임계값에 대한 조사와, 처리를 중단한 지문 영상을 수동으로 복원하여 재입력하거나, 사람도 인식할 수 없는 지문 영상은 버리는 과정을 참가한 반자동 처리 시스템이 필요하다.

6. 참고 문헌

1. 최영식, "구분론과 의미론적 방법을 이용한 지문 분류", 연세대학교 석사학위 논문, 1987.
2. 문용순, "Hashing과 Context-free 문법을 이용한 지문분류에 관한 연구", 연세대학교 석사학위 논문, 1986.
3. A. Rosenfeld and A.C. Kak, Digital picture processing, Vol.2, New York, 1982.
4. O. Nakamura, Y. Nagaga and T. Minami, "A restoration algorithm of fingerprint images", 일본 전자 통신 학회, 85/S, Vol. J68-D, No.5, pp.1133-1140.
5. O. Nakamura, Y. Nagaga and T. Minami, "Fingerprint classification by directional distribution patterns", 일본 전자 통신 학회, 82/10, Vol. J65-D, No.10, pp.1286-1293.

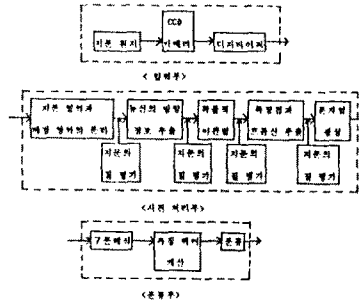


그림 1 시스템의 전체 구성

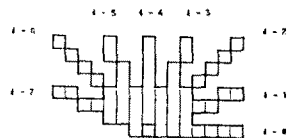


그림 2 슬릿 형태의 윈도우



그림 3 슬릿 윈도우의 이동 형태

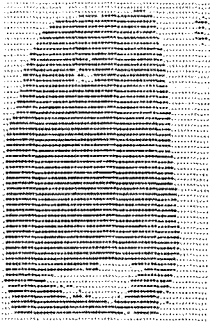


그림 4 단위 영역의 지문 존재 여부

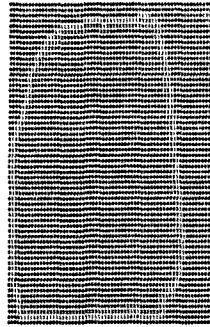


그림 7 내부 채우기

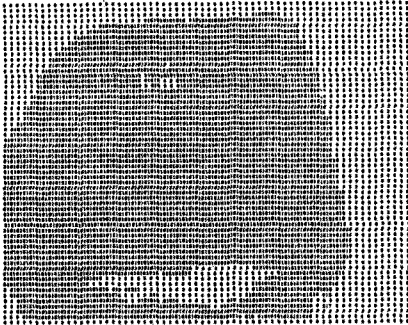
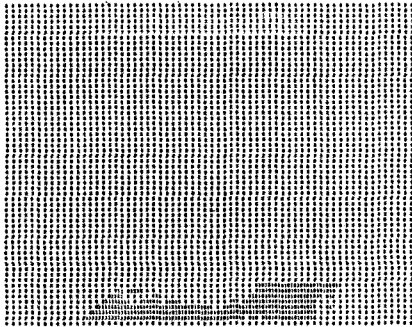
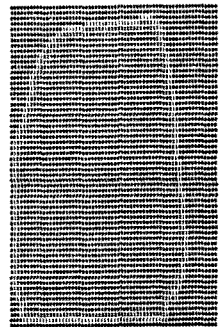


그림 5 지문 영상의 레이블링

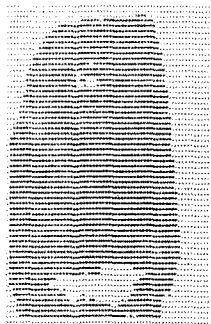


그림 6 경계선 추적

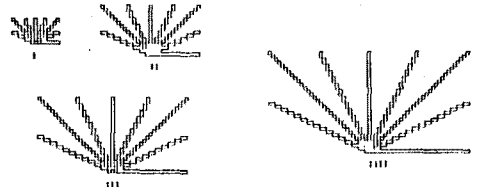
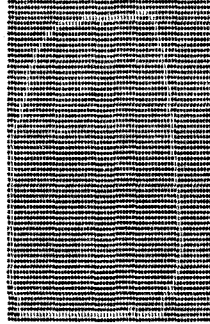


그림 8 방향 정보 추출을 위한 윈도우

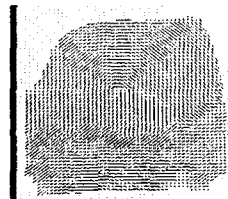


그림 9 고정점의 방향 부호

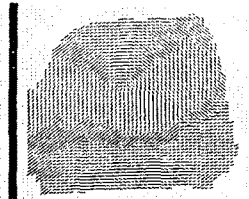


그림 11 방향 부호

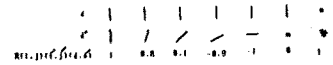


그림 10 결합 계수



그림 12 특징점 조사 영역

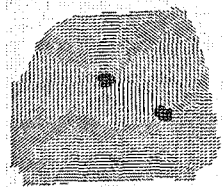


그림 14 특징 영역 추출

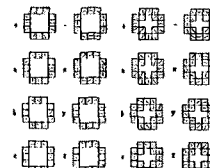


그림 13 특징점 추출 윈도우

부호 수	비치기
0.1	← →
0.2	↑ ↓
0.3	↖ ↗
0.4	↘ ↙
1.1	← →
1.2	↑ ↓
2.1	↖ ↗
2.2	↘ ↙
2.3	↖ ↗
2.4	↘ ↙
3.1	↖ ↗
3.2	↘ ↙
3.3	↖ ↗
3.4	↘ ↙

표 1 비치기 방식



그림 15 특징점 추출

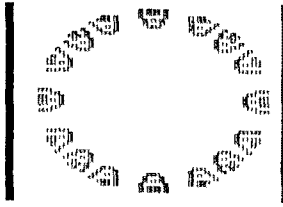


그림 16 코어 방향 추출 원도주

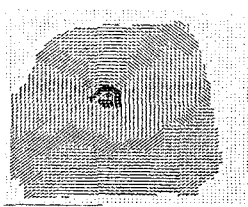


그림 17 코어의 방향

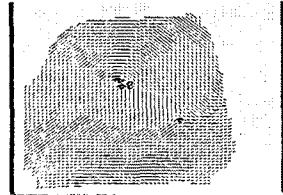


그림 18 흐름선 추적의 출발점

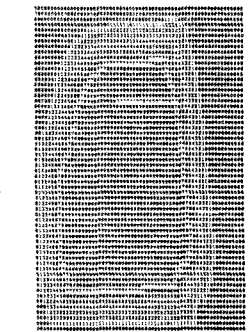


그림 19 지문 영역의 레이블

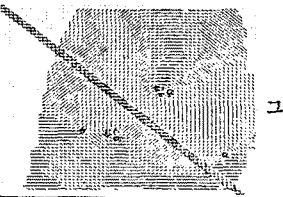


그림 20 코어와 코어의 이동분선

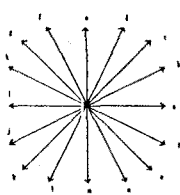


그림 22 원시 형태

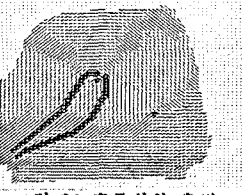


그림 21 흐름선의 추적

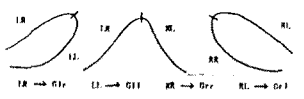


그림 23 코어가 한 개인 형태의 구분 해석

구분 요소	흐름선의 형태
좌측 LL	left loop
중측 ML	central arch
우측 RR	right loop

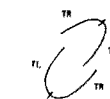


그림 24 코어가 두 개인 형태의 구분 해석

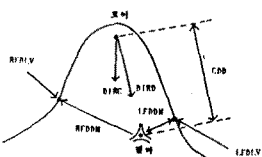


그림 25 코어가 한 개인 형태의 특징 벡터

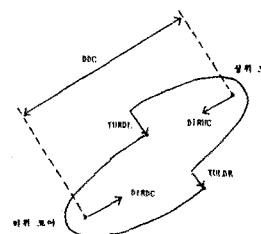


그림 26 코어가 두 개인 형태의 특징 벡터

표 3 특징점에 의한 분류

분류 기준	분류 형태
0	코어의 갯수 0
1	코어의 갯수 1
2	둘 또는 코어의 갯수 2
3	코어의 갯수 3

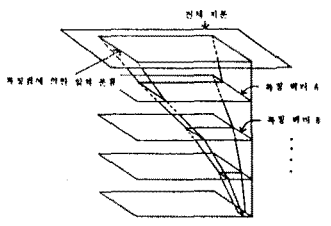


그림 27 특징점에 의한 분류 효과

그림 28 특징점에 의한 입차 분류

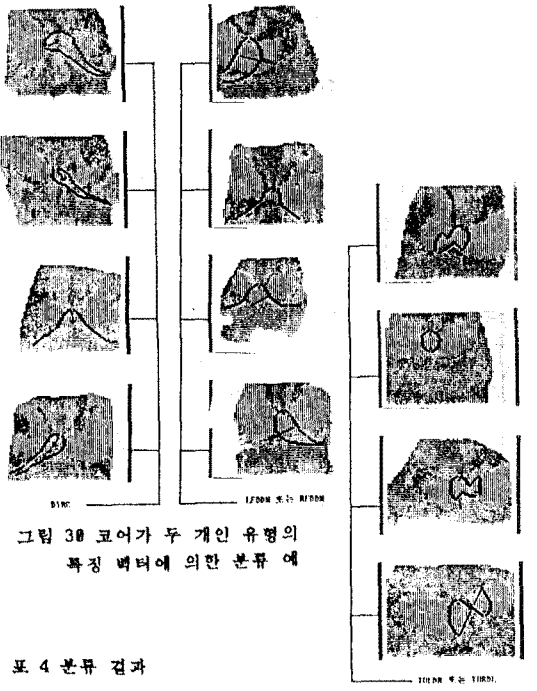


그림 30 코어가 두 개인 유형의 특징 벡터에 의한 분류

표 4 분류 결과

지문 패턴	코어 0	코어 1	코어 2
분류 0	3	31	35
분류 1	4	4	7
합	3	31	37

그림 29 코어가 한 개인 유형의 특징 벡터에 의한 분류