

열악한 지문 영상의 검증을 위한 선택적 융선 정합 기법

최 호 석, 박 영 태

경희대학교 전자공학과

전화 : 031-201-2959 / 핸드폰 : 019-286-2399

Selective Ridge Matching for Poor Quality Fingerprint Verification

Ho-Seok Choi, Young-Tae Park

Dept. of Electronic Engineering, KyungHee University

E-mail : mar74@kvision.kyunghee.ac.kr

Abstract

Point pattern matching schemes for finger print recognition do not guarantee robust matching performance for finger print images of poor quality. We present a finger print recognition scheme, where transformation parameter of matched ridge pairs are estimated by Hough transform and the matching hypothesis is verified by a new measure of the matching degree using selective directional information. Proposed method may exhibit extremely low FAR(False Accept Ratio) while maintaining low reject ratio even for the images of poor quality because of the robustness to the variation of minutia points.

의 검증하는 지문인식 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 특이점의 개수와 좌표의 변화에 민감하지 않은 특성을 가지므로 열악한 지문영상에서도 낮은 거부율을 유지하면서 0%에 가까운 FAR(False accept ratio)를 보장할 수 있다.

I. 서론

지문인식의 주요 기법으로 사용되어 온 점 패턴 정합 기법은 영상의 질이 열악할 경우 정합 결과의 신뢰성을 보장하기 어려운 단점이 있다. 본 논문에서는 유사한 융선 패턴 쌍의 변환 파라미터를 Hough 변환에 의해 산출하여 정합 쌍을 구하고 지문 방향정보를 선택적으로 사용하는 정합을 산출기법에 의해 정합 결과

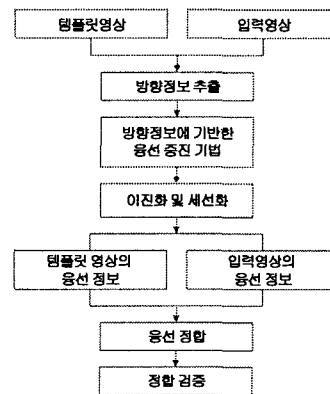


그림 1 융선 정합에 의한 지문
인증 기법의 전체 흐름도

그림 1은 지문 인증 기법의 전체 흐름도이다. 입력과 템플릿 영상을 전처리 과정을 거쳐 Hough 변환에 의한 융선 정합 기법을 사용하였다.

II. 지문 영상의 용선 검출

지문의 방향정보는 지문의 중요한 특징으로서 지문 인식의 전처리 과정으로서 널리 사용된다. 영상의 gradient를 사용한 기법[1]과 slit sum[5]을 사용한 기법을 예로 들 수 있으며, 본 논문에서는 후자의 기법을 사용하였다. 지문영상에 존재하는 잡음에 의한 방향 성분의 오류를 정정하기 위해 국부영역(16×16)에서의 평균각도를 계산한다. 이 때 단순한 각도의 평균값을 취할 경우, 평균각도는 심한 오차를 나타낼 수 있다. 이를 보완하기 위해 국부 영역에 포함되어 있는 각도를 $\alpha_i, i=1, \dots, n$ 라 했을 때 α_i 의 평균각도 θ 는

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{\sum \sin(2\alpha_i)}{\sum \cos(2\alpha_i)} \right)$$

또한 방향정보의 신뢰도 γ 는

$$\gamma = \sqrt{\frac{\sum \sin^2(2\alpha_i)}{n} + \frac{\sum \cos^2(2\alpha_i)}{n}}$$

로 계산되며 주변의 방향정보가 뚜렷할수록 1에 가까운 값을 가진다. 위의 과정에 의해 추출된 방향정보의 예를 그림2(b)에 보이며 방향정보의 길이는 신뢰도에 비례하도록 표시하였다.

열악한 지문영상의 강건한 정합을 위해서는 신뢰도가 높은 용선검출 기법을 필요로 하며 이를 위해 방향정보에 따른 방향성 가우시안 필터를 다음과 같이 적용하였고 컨볼루션에 의해 생성된 영상에 8가지 방향의 Slit sum을 다시 계산하고 2진 영상 $g(x, y)$ 는 다음과 같이 생성된다.

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } 4C + S_{\max} + S_{\min} > \frac{3}{8} \sum S_i \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

컨볼루션 영상과 2진 영상의 예를 그림 2(c)와 (d)에 보인다. 세선화 과정과 수염제거 과정을 거치면 그림 2(f)와 같은 용선 정보를 추출할 수 있다.

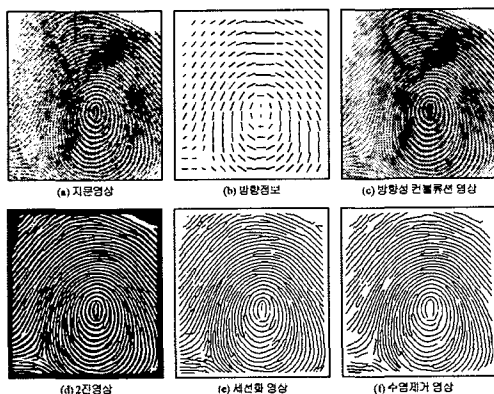


그림 2 용선 검출 과정의 예

III. Hough 변환에 의한 용선 정합

지문 입력시 밀림, 압착, 특정부분의 소멸, 피부의 유연성에 따른 비 선형적 왜곡등으로 인해 같은 지문을 여러 번 취득하더라도 용선과 특이점의 좌표 값이 달라지게 된다. 특히 영상의 질이 열악한 지문 영상의 경우 특이점의 변화가 매우 심하므로 위에서 예를 든 점 정합 기법의 경우 지문인식의 신뢰도를 높이는 것이 근본적으로 어렵고 처리속도가 느린 단점을 가진다.

3.1 초기 용선 정합

입력과 템플릿 영상에서 용선의 집합을 각각 $R^m = \{R_1^m, \dots, R_n^m\}$ 와 $R^M = \{R_1^M, \dots, R_n^M\}$ 로 표기한다. R_i^M 과 R_j^m 를 구성하는 화소수의 최소값을 L, R_i^M 의 시작점과 L 만큼 떨어진 끝점을 연결한 선을 P 라 하자. R_i^M 의 k 번째 용선 점에서 P 로 수직 투영한 길이를 D_k 라 하고 같은 방법으로 R_j^m 의 수직 투영 길이를 d_k 라 하면 R_i^M 과 R_j^m 의 정합률은

$$\eta = \frac{1}{L} \sum d_k - D_k$$

로 계산된다.

지문의 회전 각도를 모르기 때문에 R_i^M 과 R_j^m 의 쌍에 대해 시작점과 시작점, 시작점과 끝점, 끝점과 시작점, 끝점과 끝점을 기준으로 4가지 정합을 수행해야 한다. 지문 용선에서는 유사한 형태의 용선이 다수 존재하므로 구조적으로 일치하는 정합 쌍들을 찾기위해서 템플릿과 입력 용선의 시작점의 종류(즉, 분기점 혹은 끝점)가 일치하는 용선 쌍만을 선택적으로 정합한다. 영상의 변형을 고려하여 η 의 값이 매우 작을 경우 두 개의 용선이 정합된 것으로 판정하여 초기 정합 행렬 $M(i, j) = 1$ 로 초기화하고 용선의 각도 차이 정보를 $\theta(i, j)$ 에 기록한다.

$$\theta(i, j) = \angle E_j^m - \angle E_i^M$$

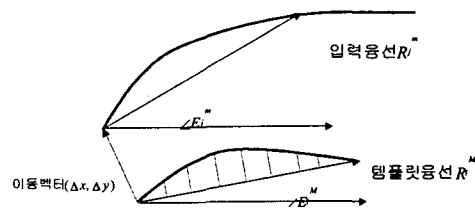


그림 3. 수직 투영에 의한 초기 용선 정합의 예

열악한 지문 영상의 검증을 위한 선택적 융선 정합 기법

3.2 Hough 변환에 의한 융선 정합

지문영상에서는 유사한 형태의 융선이 다수 존재하므로 초기 융선 정합 과정에서 템플릿의 융선에 정합된 입력영상의 융선이 다수 존재할 수 있다. 구조적으로 일치하는 융선의 정합쌍을 찾기 위해 Hough 변환에 의한 정합 기법을 다음과 같이 제안한다.

Hough Transform 에 의한 융선 정합 알고리즘

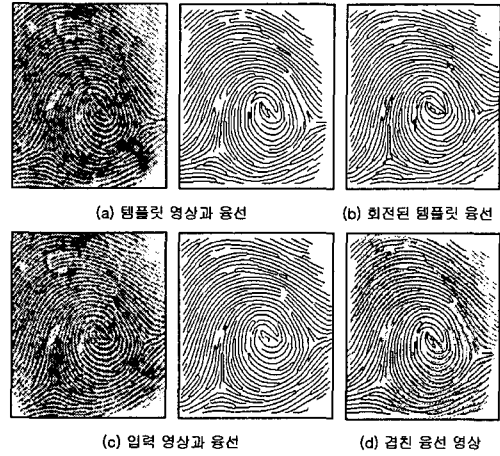
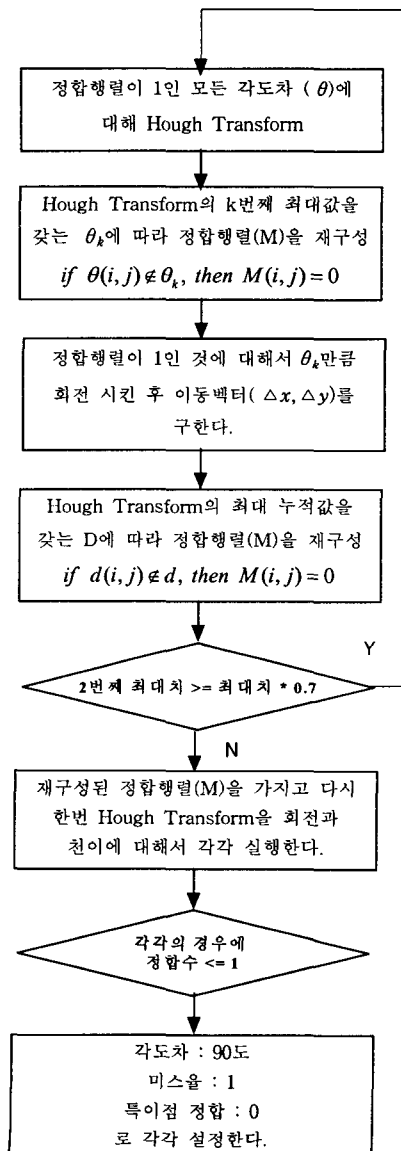


그림 4 융선 정합의 예

IV. 지문영상 정합의 검증

정합된 융선 쌍의 개수가 많을수록 동일 지문일 가능성이 높지만 정합 결과를 최종적으로 검증하기 위해서는 그림 4(d)와 같이 증첩된 영상에서의 정합 정도를 산출하는 기법을 필요로 한다. 지문 입력시 밀림, 압착 등의 영향으로 영상의 왜곡이 심하면 동일 지문일 경우도 증첩된 영상에서 일치하지 않는 부분이 생길 수 있으므로 이를 보완하기 위해 방향정보와 신뢰도를 이용한 새로운 검증기법을 다음과 같이 제시한다. 회전각도와 이동벡터에 의해 변환된 템플릿 방향정보를 D' , 신뢰도를 γ' 라 하면 방향정보의 비정합률(mismatching ratio)를

$$\epsilon = \frac{|D - D'| > T_{\text{match}}, \gamma > 0.3 \text{의 조건을 만족하는 화소수}}{\gamma > 0.3, \gamma > 0.3 \text{의 조건을 만족하는 화소수}}$$

로 산출한다. 즉, 비정합률 ϵ 는 신뢰도가 낮지 않은 화소 중에서 입력영상과 변환된 템플릿의 방향정보 각도가 매우 다른 화소의 비율을 의미하며 0에 가까울수록 동일지문일 가능성이 높다. T_{match} 는 지문영상의 변형을 고려하여 15° 로 설정하였다. $\gamma > 0.3$, $\gamma' > 0.3$ 의 조건은 비정합률의 계산에 있어 지문의 손실, 혹은 왜곡에 의해 불분명한 부분을 제외하기 위해 실험적으로 설정한 조건이다. 유사하지만 동일하지 않은 지문에서의 정합 예를 그림 5에서 보이며 $\epsilon = 0.265$ 로서 방향성분의 상당부분이 일치하지 않음을 의미한다. 반대로 그림 6은 매우 열악한 동일 지문영상에 대한 정합 결과로서 템플릿과 입력영상 모두 융선의 일부가 소실되어 있지만 비정합률 계산에 있어 방향정보를 선택적으로 사용하기 때문에 $\epsilon = 0.083$ 의 낮은 값을 얻을 수 있다. 따라서 정합된 융선의 개수와 비정합률은 지문일

식을 위한 중요한 특징으로 사용될 수 있으며 실험 결과에서 제시하는 바와 같이 영상의 질이 매우 낮은 지문영상에 대해서도 특징에 따른 변별력이 매우 높음을 알 수 있다.

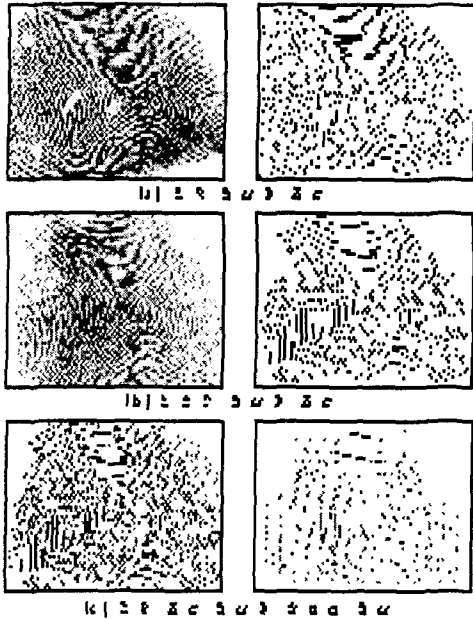


그림 5 유사한 지문 영상의 예
($\epsilon = 0.319$)

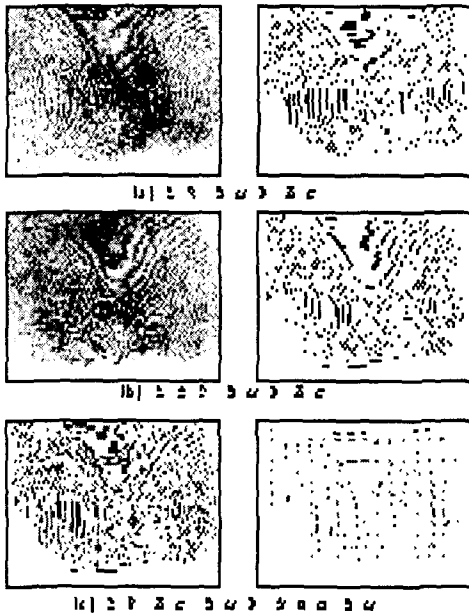


그림 6 열악한 동일 지문의 정합 예
($\epsilon = 0.021$)

V. 결론

지문인식의 응용분야는 대량의 데이터베이스에서 특정 지문을 검색하는 1: 多 정합 분야와 본인을 확인하기 위한 1: 1 정합분야를 들 수 있다. 지문자동감식시스템(AFIS)은 1: 多 정합 분야의 응용 예로서 범죄수사의 목적으로 사용되어 왔다.

본 논문은 1: 1 정합분야에서 현금 출납기, 보안통제, 인터넷 전자상거래 등과 같은 폭넓은 분야에서 열악한 지문영상의 개인ID의 인증 솔루션으로 응용할 때 좀더 뛰어난 성능을 발휘할 수 있다.

본 논문에서는 열악한 지문영상에서도 0%에 가까운 FAR을 보장하면서 FRR을 낮은 수준으로 유지하기 위해 특이점을 사용하지 않고 융선의 형상적 특징과 구조적 상관관계를 이용한 Hough 변환에 의한 기점으로 융선 패턴을 사용함으로써 특이점의 개수와 좌표의 변화에 민감하지 않은 특성을 가지며 정합 결과의 검증에 있어 지문 방향성분을 선택적으로 사용하는 새로운 정합률 산출기법을 도입함으로써 열악한 지문영상에서도 FAR과 FRR을 동시에 낮출수 있는 장점을 가진다.

참고문헌

- [1] K. Karuanda, K. Jain, "Fingerprint Classification", *Pattern Recognition*, vol. 29, no. 3, pp. 389-404, (1996)
- [2] N. Ansari, M. Chen, and E. Hou, "A Genetic Algorithm for Point Pattern Matching", chapt. 13, B Souc다 and the IRIS Group, eds, *Dynamic, Genetic, and Chaotic Programming*. New York : John Wiley & Sons, (1992).
- [3] A. Ranade and A. Rosenfeld, "Point Pattern matching by Relaxation", *Pattern Recognition*, vol. 12, no. 2, pp. 269-275, (1993).
- [4] G. Stockman, S. Kopstenin, and S. Benett, "Matching Images to Models for Registration and Object Detection via Clustering", *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 4, no. 3, pp. 229-241, (1982).
- [5] G. Candela, P. Grother, C. Watson, R. Wikinson, and C. Wilson, "PCASYS - A Pattern-level Classification Automation System for Fingerprints", Technical Report, National Institute of Standards and Technology, Aug. (1995).