

論 文

PC를 이용한 지문 인식에 관한 연구

準會員 禹 性 在* 正會員 郭 允 植* 正會員 李 大 寧*

A Study of Fingerprint Identification
Using PCSeong Jae WOO*, Yun Sik KWAK*, Dae Young LEE* *Regular Members*

要 約 본 논문에서, PC를 이용하여 개인을 확인할 수 있는 지문정합에 관한 방법을 논하였다. 지문정합법에서 첫째, 지문 영상을 세선화하고 단점과 분기점의 위치와 방향으로 구성된 특징점을 추출한다. 지문식별은 추출된 데이터를 이용하여 참조 지문과 입력지문의 일치 또는 불일치 판정으로 수행된다. 평활화와 2진화처리, 세선처리후에 세선영상은 정확한 특징량의 추출을 위해 복원처리를 행한다. 정합시에 참조지문과 입력지문사이의 단점과 분기점 위치를 평행이동과 회전이동에 의하여 보상하여 지문확인을 수행한다.

ABSTRACT In this paper, Fingerprint matching method which is able to confirm one's identity using microcomputer is discussed.

In matching method, fingerprint image is thinned and we extracted feature point data which is composed of position and direction of end-point and branch-point. Identification is conducted by decision of agreement or disagreement between reference finger print and input fingerprint using this extracted data. After averaging and binarization process, thinning method is conducted, restoration process is carried out to seek precise feature point data.

We compensate position difference of reference fingerprint and input fingerprint, which is divided end-point and branch-point, and translated and rotated its position. Using this compensate difference of position, we decide whether fingerprint identity is true or not.

I. 서 론

본 논문에서 IC카드를 이용하여 PC로써 처리가 능한 지문인식 시스템에 적용할 수 있는 지문정합 방법론을 제시한다.

지문인식을 IC카드에 적용하기 위해서는 수행시간의 단축과 PC급의 컴퓨터에 적합한 적용량의 데이터 처리가 이루어져야 하므로 이러한 요구사항에 부응하기 위하여 추출과정이 복잡하고, 정확한 추출이 어려운 용선의 흐름선(Ridge Flow Line), 중심(Core)의 모양, 삼각주(Delta)등의 특징들을 이용하지 않고, 추출과정이 용이하고 정확도도 비교적 높은 지문의 단점과 분기점을 특징점으로 사용하여 정합에 이용하였다.

*慶熙大學校 電子工學科
Dept. of Electronic Engineering, Kyunghee University,
論文番號 : 89-59 (接受1989. 7. 7)

이 특징점들의 정확한 추출을 위해 프리즘(Prism)을 통해 그레이레벨(Gray level)이 있는 영상을 획득한 후 평활화 과정을 거쳐 전체 영상을 부분력(Sub-Block)으로 분할하여 2진화하는 적응적인 2진화 방법으로 2진영상을 얻었다.

2진영상의 세션화과정은 세션화에서 발생하는 왜곡을 최소로 하기위해서 세션화 후 원영상의 그레이 레벨을 참조하여 용선부분의 복원을 행하였다. 그리고, 세션화영상에서 특징점의 종류와 위치, 방향을 추출하여 정합(Matching) 하는데 사용하였다.

II. 전처리 (Preprocessing)

전처리 과정은

1. 평활화와 2진화
2. 영상의 세션화
3. 세션영상의 복원
4. 특징량 추출

지문영상은 손가락에 묻은 땀, 먼지 등으로 인하여 원래의 용선 흐름에 대해 왜곡이 생겨 영상의 질이 저하되어 있다. 그러므로 원영상을 평활화(Smoothing) 함으로써 원래의 용선 흐름에 가깝게 할 수 있다. 본 논문에서는 3×3 평균 연산자(Averaging Operator)를 사용하여 평활화를 행한 후 2진화를 하였다.

2진화방법은 지문영상의 전영역에 걸쳐 용선의 농담(Gray-Tones)이 평균농담보다 어둡고, 곡선(Valley Line)은 평균보다 밝다는 사실에 착안하여 국부적인 2진화를 행하였다.

이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$M_k = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N I_k(i, j) \quad (1)$$

if $I_k(i, j) > M_k, I_k(i, j) = 0$

$$I_k(i, j) \leq M_k, I_k(i, j) = 1 \quad (2)$$

(Where: $I_k(i, j)$ = k번째 블럭에서 (i, j)번째 화소의

그레이 레벨

M_k = k번째 블럭에서의 평균 그레이 레벨

N = 블럭의 크기(N×N)

블럭의 크기 N은 증가될수록 잡음에 대하여 강하나 용선부분이 두꺼워져 인접한 두개의 용선이 겹치는 경우가 발생하게되고 N의 값이 작아질 경우에는 영상이 세밀해지는 반면에 잡음에 민감해지게 된다.

본 논문에서 블럭의 크기는 예비실험을 통해서 N=8일 때로 정하고 2진화 과정을 수행하였다.

세션화 처리는 1984년 N.J.Naccach와 R.Shinghal에 의해 발표된 것으로서 세션의 판단조건을 최소로 줄인 SPTA를 사용하여 세션화 하였다.

이 방법은 판단조건의 간략화로 처리시간이 빠르다는 장점을 가지고 있다.⁽²³⁾ 세션화단계는 3×3 Mask에서 중심화소 P의 윤곽점 여부를 확인한 후, 윤곽점일때 보호점이 아니면 그 점을 제거하게 된다. 윤곽점은 그림1에서 다음과 같이 정의된다.

왼쪽 윤곽점: 이웃화소 E가 배경화소.

오른쪽 윤곽점: 이웃화소 A가 배경화소.

위쪽 윤곽점: 이웃화소 C가 배경화소.

아래쪽 윤곽점: 이웃화소 G가 배경화소.

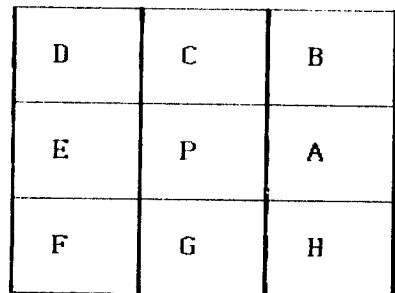


그림 1. P의 8-이웃화소 8-Neighborhood Pixel

보호점은 화소 P가 끝점(End Point) 또는 절점

(Break Point)이거나 그 화소점의 제거로 인하여 파잉 제거현상이 발생하는 점으로 더 이상 제거할 수 없는 점이다.

앞에서 얻은 용선영상은 부분적으로 세선(Thinning Line)이 끊어져 있어 이 영상을 특징량의 추출에 사용할 수 없으므로 복원작업을 수행하게 된다.

본논문에서는 입력지문 영상의 명암값을 이용하여 수행하였다.

II-1. 추적 시작점의 결정

추적의 시작은 각 용선의 단점(End Point)인 점에서만 시작하게 된다. 단점의 결정은 다음의 교차수(Cross Number)를 이용하였다.⁽²²⁾ 그림2에서와 같이 임의점(x,y)를 b0, 그 8이웃 화소를 bk라 한다. bk의 값은 1 또는 0이다. 이때 b0의 값이 1, 즉 대상화소(Object Pixel) 일때의 교차수는 다음과 같이 정의된다.

$$CN = (1/2) \sum_{k=1}^8 b_{k+1} - b_k \quad (3)$$

점 b0는 CN의 값에 의하여 다음과 같이 분류한다.

- CN=0.....고립점 CN=1.....단 점
- CN=2.....연결점 CN=3.....분기점
- CN=4.....교차점

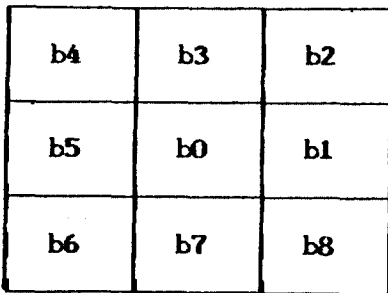


그림 2. 8-이웃화소
8-Neighborhood Pixel

II-2. 추적 방향의 산출

지문의 용선과 곡선의 흐름(Flow) 변화는 급격하지 않다. 그러므로 끊어진 부분을 연결하기 위하여 용선추적은 과거의 용선방향을 고려하여 행할 수 있다.

과거의 용선 방향은 추적 시작점에서 4화소를 역추적하여 얻는다. 추적방향을 dr이라하면 dr은 역추적(Back-Tracking)된 점을 P(i-4), 추적 시작점을 P(i)라 할때 방향벡터 $\overline{P(i-4) P(i)}$ 를 그림4의 16양자화 방향에 따라서 결정한다.

예를 들면 그림3에서 P(i)의 용선 추적 방향은 $\overline{P(i-4) P(i)}$ 에 의해서 dr=11이 된다.

II-3. 추적될 용선 화소의 결정

그림3와 같이 추적 시작점 P(i)를 중심으로 하는 5x5 Mask를 설정한다. 이 설정된 Mask에서 위 단계의 추적 방향에 해당하는 화소 P(i+2)를 정하고 이 화소를 중심으로 3화소씩을 묶은 주변창(Neighbor Window)을 3개 설정한다. 이 각각의 주변창에 해당하는 입력영상의 그레이 레벨을 선택하고 그 선택된 주변창 중에서 그레이 레벨이 가장 작은 주변창을 선택하고 그 선택된 주변창 중에서 가장 작은 그레이 레벨을 갖는 화소를 용선화소로 결정한다. 용선화소로 결정된 화소와 추적 시작점을 연결하고 추적된 용선 화소점이 다음의 추적 시작점이 된다.

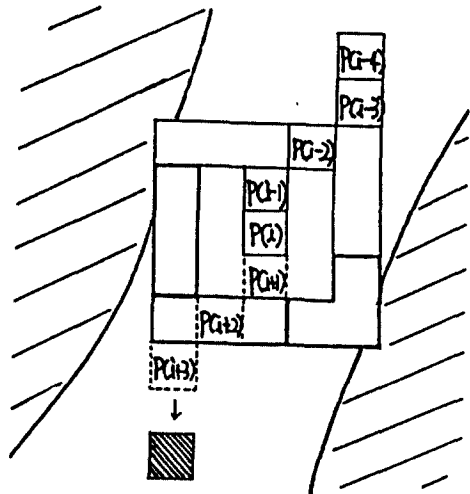


그림 3. 용선 추적방향과 추적된 용선화소
Tracking direction of ridge & tracked ridge pixel.

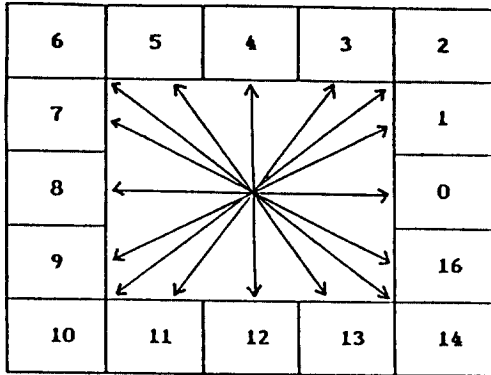


그림 4. 16양자화 방향
Direction of 16-Quantization

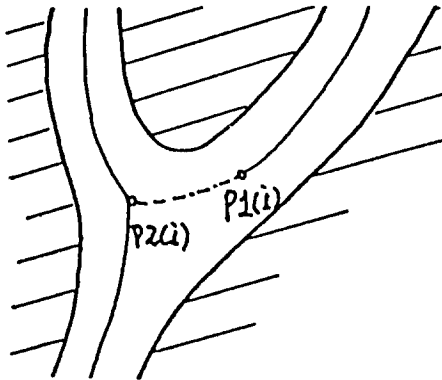


그림 5. 용선 추적에 의한 간극의 연결
Connected gap by ridge tracking

용선 추적에 의해서 용선과 용선의 간극을 연결하는 예는 그림 5와 같다. P1(i)로 부터 용선 추적을 시작하여 P2(i)까지 연결하고, 추적을 종료한 모양을 보였다.

추적은 추적된 점이 다른 용선과 연결될 때 또는 어떤 스레숄드(Threshold) 값보다 큰 그레이 레벨을 갖는 화소, 즉 곡선(Valley Line)이라 생각되는 화소가 나타날 때까지 계속된다.

이는 지문의 융성부분을 구성하는 물체화소의 두께가 5-7정도를 이루고 있으며 용선의 흐름이 거의 평행하다는 성질을 이용한 것이다.

II-4. 특징량 추출

본 논문에서 사용하는 특징량은 단점과 분기점의 위치와 그 각각의 방향이다. 특징점의 위치는 이미 추적 단계의 교차수에 의해 그 각각의 위치가 추출되어 있다. 따라서 따로 특징점의 추출 단계를 거치지 않으므로 수행시간의 단축을 꾀할 수 있다.

단점의 방향은 단점의 좌표에서 세선을 10화소 추적하고, 도달한 점과 단점을 연결한 벡터의 방향을 8양자화 방향을 참조하여 결정한다. 분기점의 방향은 3개의 벡터에서 2개의 큰각에 낀 벡터의 방향으로 정한다.

실용화 시스템에서는 이러한 정보를 IC카드에 미리 기록해두고 개인이 관리한다. 앞으로 이 카드의 지문정보를 기준지문, 그리고 이용자가 새로이 입력하는 지문정보를 입력지문이라 한다.

III-1. 공유 특징점

공유 특징점은 참조지문과 입력지문을 정합할 때 기준이 되는 점을 말한다. 이 점을 많이 선택할 수록 정합의 회수가 증가되므로, 본 논문에서는 4개로 하였다. 공유 특징점의 선택은 참조지문에서 선택하는데 선택장소의 치우침을 피하기 위해 기준지문을 중앙점(100,100)을 중심으로 4등분하여 부블럭(75×75)으로 나누고, 각각의 중심점에서 가까운 특징점을 공유 특징점으로 선택한다.

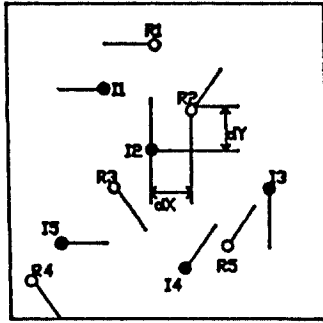
그림6 (a)에서 R₂가 공유 특징점으로 선택될 경우를 예를 들어 살펴보자. R₂의 방향을 dR₂라 하고, dR₂와 입력지문의 특징점li의 방향dli와의 방향차는 다음의 식4과 같이 정의된다.

$$[dR_2 - dli] = \text{Min} (|dR_2 - dli|, |dR_2 - dli + 8|, |dR_2 - dli - 8|) \quad (4)$$

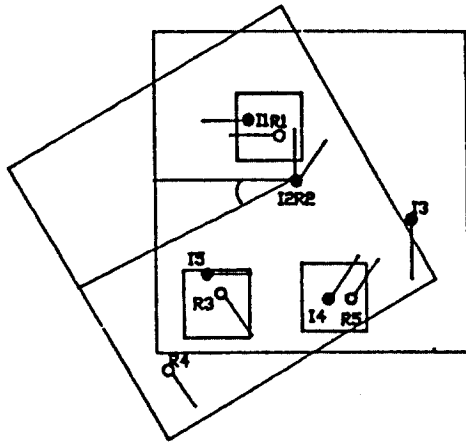
입력지문을 중앙점을 중심으로 120×120의 크기로 하여 이 내부에 있는 특징점 중에서 식5를 만족하는 특징점 li가 대응 특징점으로 선택되어 진다.

$$[dR_2 - dli] \leq 1 \quad (5)$$

예를 들면, 그림6(a)에서 I_2 가 대응 특징점이라 하고, 이 경우 대응 특징점이 복수개 존재할 때에는 전체에 대해서 다음의 조작을 행한다.



a) 정합 전



b) 정합 후

그림 6. 특징량 정합의 예
Example of minutiae matching

III-2 위치 정합

공유 특징점 R_2 와 대응 특징점 I_2 가 중첩 되도록 참조지문을 평행이동 한다. 그림 6(a)의 d_x 와 d_y 가 평행 이동량이다.

참조지문과 입력지문간의 방향이 어긋남에 대해서는 중첩된 점 R_2 를 중심으로 $-24^\circ \sim +24^\circ$ 까지 참조지문을 회전시키고 그때마다 위치와 방향이

각각 일치하는 특징점의 수 N_m 과 회전각 θ 를 기록한다.

그림 6(b)는 회전각 $d\theta$ 만 회전시킨 상태를 나타낸다.

각 점의 일치 불일치 판정은 식 6 조건의 만족 여부에 따라 판정한다.

$$\begin{aligned} |xR_i - xI_j| < Thr, |yR_i - yI_j| < Thr \\ [dR_i - dI_j] \leq 1 \end{aligned} \quad (6)$$

여기서, xR_i, yR_i, dR_i 와 xI_j, yI_j, dI_j 는 참조지문의 i 번째의 특징점과 입력지문의 j 번째 특징점의 위치와 방향을 나타낸다.

쓰레쉬값 Thr 은 예비실험에 의하여 5(Pixel)로 하였다.

또, 방향 dR, dI 는 양자화된 값이고, 회전에 따라서 변경되지 않으며 각 점의 방향은 그림 6(a)와 같다.

위에서 설명한 조작은 단점과 분기점 각각 4개의 공유 특징점에 대해서 독립적으로 행한다. 독립적으로 행한 위치정합은 단점에 대해서 $d_{xe}, d_{ye}, d\theta_e$ 로, 분기점에 대해서 $d_{xb}, d_{yb}, d\theta_b$ 로 위치 정합량을 표시한다.

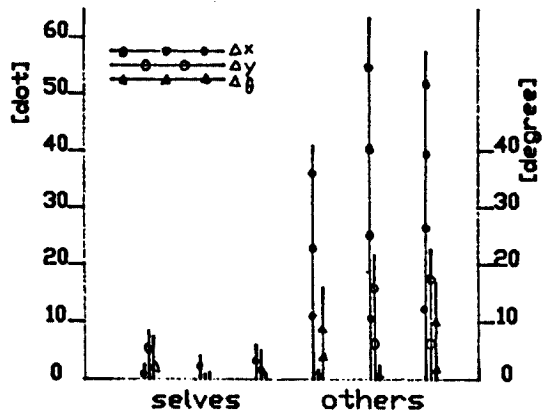


그림 7. 예비 정합실험의 결과 예
Example of preliminary matching experiment

III-3. 일치 판정기준

앞 절에서 구해진 단점과 분기점의 위치 정합량의 관계는 식7에서 고려되고, 식 8의 위치 정합량차 R로 정의된다.

$$\begin{aligned} \Delta_x &= d_{xe} - d_{xb} \\ \Delta_y &= d_{ye} - d_{yb} \\ \Delta\theta &= d\theta_e - d\theta_b \end{aligned} \quad (7)$$

$$R = \sqrt{(\Delta_x)^2 + (\Delta_y)^2 + (\Delta\theta)^2} \quad (8)$$

식7-8에 있는 Δ_x , Δ_y , $\Delta\theta$ 는 단위가 다르기 때문에 적당한 값으로 규격화 할 필요가 있다. 여기서 규격화를 위한 예비실험으로 본인간 및 타인간의 예비 정합실험을 행하였다.

그림7는 Δ_x 와 Δ_y 를 화소, $\Delta\theta$ 를 각도로 둘 경우의 예비실험 결과이다. 그림에서와 같이 본인간의 정합인 경우 Δ_x, Δ_y , $\Delta\theta$ 의 스칼라량은 그 값이 10이내에 있고, 타인간에는 10을 초과하고 있다.

본 논문에서는 앞의 예비실험에서 사용한 단위인 화소와 각도를 단위로 하여 사용하였다. 참조지문과 입력지문이 동일한 것일 경우 단점과 분기점의 위치 정합량이 거의 같게 되고, 위치 정합량차 R은 반드시 작은값을 갖는다. 반대로 R의 값이 클 경우는 서로다른 지문이 정합에 사용되었음을 의미하는 것이다. 정합에 따른 특징점 일치도 FC는 다음의 식으로 산출된다.

$$FC = (N_m)^2 / (N_r \times N_l) \quad (9)$$

(Where, N_m : R이 최소일때 일치 특징점수

N_r : 참조지문중의 특징점수

N_l : 입력지문중의 특징점수

위치 정합량차 R과 특징점 일치도 FC, 두가지를 사용하여 기준지문과 입력지문의 동일 여부를 판정한다.

V. 실험 및 고찰

본 논문의 실험에 사용된 시스템은 IBM-PC / AT 를 사용하였고, 실험에 쓰인 지문영상은

200×200의 해상도(Resolution)와 5비트(Bit)로 양자화된 것으로써 30인의 지문표본으로 각 표본당 3개의 데이터를 프리즘(Prism)과 CCD 카메라, 디지털타이저를 통하여 획득(Acquisition) 하였다.

실험은 본인간의 정합과 타인간의 정합으로 나누어 실시하였다.

본인간의 정합은 각 표본에서 비교적 왜곡이 적다고 생각되는 지문을 참조지문으로 정하고 나머지를 입력지문으로하여 총60회의 실험을 하였고, 타인간의 정합은 171회의 실험을 하였다.

각 표본데이터는 손가락에 묻은 땀, 먼지등으로 인한 에러를 가지고 있으므로 전처리(Preprocessing) 단계에서 평활화(Smoothing)를 한후 블럭의 크기를 8로하여 본문에서 설명한 적응적인 2진화를 행하였다. 이 2진화영상을 SPTA를 사용하여 세션영상을 얻은후, 정확한 특징량 추출을 위하여 세션영상에서 생긴 간극을 원영상의 그레이 레벨을 참조하여 복원을 행하고, 특징량을 추출하였다.

전처리에서 얻은 특징량은 단점과 분기점의 위치와 방향이다. 위치는 교차수를 사용하여 구하였고, 각각의 방향은 각 특징점에서 10화소를 역추적하여 산출하였다.

이 특징량을 사용하여 참조지문에서 공유특징점을 입력지문에서 대응특징점을 구하였다. 공유특징점은 4개의 부분블럭에서 1개씩을 구하고, 특징점이 없는 블럭의 부족분은 다른 블럭에서 보충하여 선택하였다.

선택된 공유특징점과 대응특징점을 중첩시키고, 이때의 위치차 d_x, d_y 를 구하고, 두지문의 어긋남에 대하여 중첩된 공유특징점을 중심으로 $-24^\circ \sim 24^\circ$ 까지 3° 의 간격으로 회전(Rotation) 시키면서 각각의 상태에서 일치되는 특징점의 수 N_m 을 구하고, N_m 값이 가장 클경우의 $d_x, d_y, d\theta, N_m$ 의 값을 저장해둔다. 단점과 분기점에 대하여 독립적으로 수행한후 각각 기록된 $d_x, d_y, d\theta, N_m$ 을 사용하여 위치정합량차도 FC를 산출하였고, R과 특징점 일치도 FC를 산출하였고, 이것을 사용하여 동일지문의 여부를 판정하였다.

정합 알고리즘에 관한 계통도는 그림8과 같다.

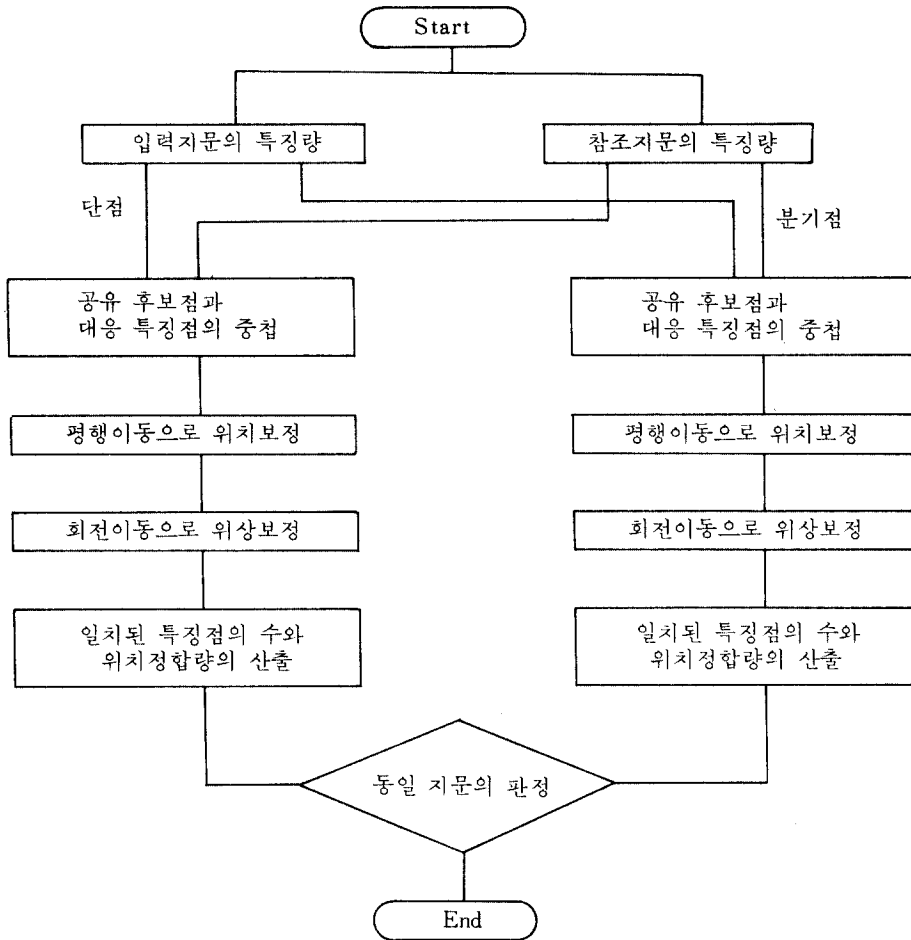


그림 8. 정합 알고리즘 계통도
Flow chart of matching algorithm

동일 지문여부는 식10을 만족하면 동일 지문으로 만족하지 않으면 동일 지문이 아닌 것으로 판정하였다.

$$R < 10 \text{ and } FC > 0.7 \quad (10)$$

식10에서 R과 FC의 문턱값은 예비 실험으로 정한 값이다. 위의 실험을 통하여 타인간의 정합

실험에서 오인한 예는 0으로 100%의 인식률을 보였고, 본인간의 정합에서는 60예 중에서 49예를 본인으로 11예를 타인으로 판정하여 82%의 인식률을 보였다.

2진화 단계에서 평활화를 한 후 2진영상과 평활화를 거치지 않은 2진영상의 차이는 평활화를 거친 2진영상이 잡음에 대하여 강한 것으로 나타났다.

본 논문의 2진화는 국부적인 2진화를 행하므로 해서 일반적으로 전체 영상을 같은 값으로 2진화한 2진영상에 비해 국부적인 에러 즉, 영상의 뭉게짐 Missing Area의 에러에 덜 민감한 것으로 나타났다.

세션화 단계는 세션의 판단 조건을 최소로 줄인 SPTA를 사용하므로 수행시간을 줄일 수 있다.

이러한 과정을 거친 후에 얻어진 용선은 부분적으로 용선의 간극이 생기게 된다. 따라서 복원을 행하여 바른 용선의 형태를 찾아야 보다 정확한 특징량을 구할 수 있게 된다.

복원전의 세션영상에서 구한 특징점의 정추출율과 복원후에 구한 정추출율은 표1과 같다. 특징점의 정추출율은 식11으로 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{정 추출률} &= \text{정추출수} / \text{뚜렷한 특징점수} \\ \text{유사 특징률} &= (\text{추출수} - \text{정추출수}) / \text{추출수} \end{aligned} \quad (11)$$

식11에서 정 추출수는 뚜렷한 특징점이 정확히 추출된 것이다.

정합과정에서 동일 지문의 여부를 판정하는

표 1. 특징점의 정추출율
Really extracted ratio of minutiae

	복원 전		복원 후	
	단 점	분기점	단 점	분기점
뚜렷한 특징점수	18	17	18	17
추출수	171	30	45	63
정추출수	17	14	18	17
정추출수 (%)	89		100	
유사특점율 (%)	90	53	60	73
	85		68	

식11에서 R은 예비실험에서 동일 지문을 정합시켰을 때 발생하는 위치 정합량차를 이용하였고, FC도 같은 방법을 통해 정한 값이다.

R과 FC의 값을 각각 10과 0.7로 정하였을 때의 인식률은 표1에 나타난 것과 같으나 이 값들의 변화는 인식률에 많은 영향을 가져온다. R의 값을 크게 할 경우에는 일치 특징점수가 증가하게 되어 타인의 지문을 동일 지문으로 오인식할 경우가 발생하나 FC값의 변화에 따른 인식률의 변화 보다는 영향을 덜 받았다.

VI. 결 론

본 논문은 IC 카드에 지문 인식을 적용하기 위해 PC 급의 컴퓨터에 적합한 정합 방법에 대하여 논하였다.

일반적으로 지문인식에서 많이 쓰이는 특징들인 중심의 모양이나 삼각주의 위치, 용선의 흐름선 방향등은 국부적으로 영상이 뭉게지거나 회전 이 되었을 때 등의 에러에 대해 처리 시간이 길고 메모리량이 커야 하므로 PC급의 인식 시스템에는 부적합하다.

본 논문에서는 단점과 분기점의 위치와 방향을 사용하여 정합함으로써 적은 데이터량을 사용하여 동일 지문의 여부를 판정할 수 있었다. 본 논문에 쓰인 특징량은 간단히 구할 수 있고, 위치와 방향의 정보만이 필요하므로 데이터량이 작아진다. 따라서 회전이동이나 평행이동이 간단하고, 적은 량의 메모리가 소요되므로 PC급의 인식에 적당한 특징량이라고 생각된다. 또한, 본 논문에서는 정확한 특징량의 추출을 위해 복원처리를 행하므로써 복원전의 특징량 추출에 비해 보다 정확한 특징량을 구할 수 있었다.

본 논문의 인식 결과는 본인간 정합에서는 82%를 타인간 정합에서는 100%의 인식률을 보였다.

동일 지문의 판단에 사용된 R과 FC는 예비 실험을 통하여 가장 적절하다고 생각되는 값을 사용하였으나, 이 값들의 변화에 따라 인식률의 차이가 나므로 이 값들에 대하여 보다 최적이 되는 값을 구한다면 보다 나은 인식률을 얻으리라 기대된다.

참 고 문 헌

1. A.Rosenfeld & A.C.Kak, Digital picture processing, vol. 2, Academic Press, 1982.
2. Rafael C.Gonzalez & Paul Winz, Digital image processing, Addison-Wesley, 1987.
3. E.L.Hall, Computer image processing and recognition, Academic Press, 1979.
4. K.S.Fu, Syntactic pattern recognition, applicatuion, Springer-Verlag, 1977.
5. B.Moayer & K.S.Fu "An application of stochastic languages to fing erprint pattern recognition, "Pattern Recognition, vol.8,pp1 73~179, 1976.
6. M.Rao, "Feature extraction for fingureprint classification," pattern recognition, vol.8,pp181~192, 1976.
7. K.Rao & k.black, "Type classification of fingerprint: A syntactic approach," IEEE,PAMI., vol. PAM1~2, No.3,pp223~231, 1980.
8. F.Pernus & S.Kovacic & L.Gyergrek, "Minutiae based fingerprint registraton, "Proc. Int Conf on Pattern Recognition, "5th, vol.2, Miami Beach, 1980.
9. J.A.Ratkovic & F.W. Blackwell & h.Bailey, "Concepts for a next generation automated fingerprint system," in Proc. 5th Int.Conf.Pattern recognition, Miami Beach, F1,Dec.1980.
10. A.S.Rabinowitz, "Fingerprint card search results with ridge-contour based classification," in Proc. 5th Int. Conf Pattern recognition, Miami Beach, F1,Dec. 1980.
11. R.P.Chiraro & L.Berdan, "Adaptive digital enhancement of latent fin gerprint," Proc. Int on Pattern recognition, " 5th, vol.2, Miami Beach. 1980.
12. M.Elleccio, "Automated fingerprint identification," IEEE Trans. Spectrum, September, 1973.
13. K.Millard, "Developements on automatic fingerprint recognition," Int. Carnahan Conf on Security Tech, Zurich, Oct, 1983.
14. K.Rao, "On fingerprint pattern recognition, " Pattern recognition, vol.10,pp.15~18, 1977.
15. T.L.Chang, "Texture analysis of digitized finerprint for singularity detection, " in Proc. 5th Int. Conf. Pattern recognition, Miami Beach, F1,Dec.1980.
16. M.Kawagoe & A.Tojo, "Fingerprint pattern classification: Pattern recognition, vol. 17 No.pp. 3, 295 ~303, 1984.
17. B.Moayer & K.S.Fu, "A tree system approach for fingerprint pattern recognition, "IEEE Trans. on Computers, vol. C-25, pp.262~274. 1976.
18. C.V.K.Rao & k.Black, "Finding the core point in a fingerprint," IEEE Trans. on Coputer, Vol. C-27, pp.77~81, Jan, 1978.
19. O.Nakamura et al, "A restoration algorithm of fingerprint images" 전자통신학회 논문지, Vol. J68-D, No5 pp.1133~1140, 1980.
20. O.Nakamura et al, "Fingerprint classification by directional distribution patterns," 전자통신학회논문지, Vol. J65-D, No.2, pp. 327~335, 1988.
21. K.Yamamoto & Y.Hata & S.Hashimoto, "Fingerprint identification system by ravine thinning," 전자통신학회 논문지, Vol J71-D, No.2, p327~335, 1988.
22. E.S. Deutsch, "Thining algorithm on rectangular, hexagonal, and triangular arrays," ACM. Vol.15, No., pp.827~837, 1972.
23. N.J.Naccache & R.Shinghal, "SPTA: A proposed algorithm for thinning binary patterns", IEEE Trans. on systems, Man, and Cybernatics, Vol. SMC-14, No.3, May / June 1984.
24. 김은갑, "지문 영상의 세선화 알고리즘의 연구", 경희대학교 석사학위 논문. 1989.



禹性在 (Seong Jae WOO) 準會員
1965年2月5日生
1983年~1987年3月：慶熙大學校電子科
卒業
1987年9月~1980年8月：慶熙大大學院
電子工學科 卒業 1989年



郭允權 (Yun Sik KWAK) 正會員
1962年2月17日生
1980年3月~1984年2月：清州大學校電
子工學科 卒業
1984年9月~1986年8月：慶熙大學校一
般大學院 碩士課程卒業
1988年3月~現在：慶熙大學校電子工學
科 博士課程 在學中



李大寧 (Dai Young LEE) 正會員
1940年3月18日生
1968年9月~1970年3月：캘리포니아洲
立大學院 (工學碩士)
1976年9月~1979年9月：延世大學校大
學院電子工學科 (工學博士)
1971年9月：慶熙大學校工科大学電子工
學科 助教授
1977年3月：慶熙大學校工科大学電子工
學科 副教授

1982年3月~現在：慶熙大學校工科大学電子工學科 教授
1988年1月~現在：本學會理事