

특징점의 신뢰도를 이용한 지문 감식에 관한 연구

正會員 鄭良權*, 趙範峻**

A study on the identification of fingerprints using the features fidelity.

Young Kwon Jeong*, Bum Joon Cho** Regular Members

要 約

지문 인식에서 특징점은 매우 중요한 요소이다. 원 지문 화상에서 나타나지 않은 특징점들이 특징점으로 인식되는 경우가 많았다. 그러므로 신뢰성이 높은 특징점들을 정확하게 추출한다면, 인식 결과를 향상시킬 수 있음을 인지하였다.

본 연구는, 지문 인식에서 신뢰도를 이용하였는데 이 신뢰도는 특징점의 정보 즉 좌표, 방향, 특징점간의 거리, 제조도 등에 의하여 검출하였다. 다시 말하자면 특징점에 신뢰도를 부여하였을 때 그 특징점이 옴진과 끝이 선명한 영역에서 추출된 것인지 아니면, 실수에 의해 선명하지 못하고 훼손된 부분에서 추출된 것인지를 알 수 있다. 그러므로 각 특징점에 신뢰도를 부여하는 것은 지문을 감식하는데 매우 중요한 요소로 인지되었다.

따라서 신뢰도를 이용할 경우 오류 정보를 가지고 비교하는 경우를 피할 수 있었으며, 매칭때도 신뢰도를 배제한 시스템과 신뢰도를 이용한 시스템과의 차이점을 비교해 보았을 때 신뢰도를 이용한 시스템이 좋은 결과를 도출하였다. 지문을 화일 베이스로 저장한 후 입력된 지문 화상과 매칭을 시도한 결과 인식율은 97.7%를 보여 신뢰도의 역할이 중요함을 다시 한번 인식할 수 있었다.

ABSTRACT

Feature points are very important factors for recognition of fingerprints. When we get feature points from fingerprints, there were a lot of feature points including pseudo feature points which did not appear in original fingerprints. If we carefully selected the exact feature points with higher fidelity, we can acknowledge that the result of identification will be upgraded.

In this paper, we used feature points using fidelity in the fingerprints recognition, which is detected through extraction of the coordination of the feature point, its direction, the distance between feature points, and the gray level. In other words, when we

*동신대학교 전자계산학과

**조선대학교 컴퓨터공학과

論文番號 : 95119-0325

接受日字 : 1995年 3月 25日

apply the fidelity of the feature points, we can know whether the feature points were selected from a region where the ridge and valley of the fingerprints were clear, or from a region where the ridge and valley were not so clear by mistake. The area from which the feature points were extracted has a great importance to the print's fidelity. Therefore, we come to the conclusion that the fidelity is a very important factor.

As a result, we can avoid the use of false feature points. So, when we compare the differences between the system using fidelity and the system not using fidelity, the former system can provide a good result for our attempt to recognize the fingerprint. Through this system, we can obtain 97.7% accuracy and once again recognize the role of fidelity in identification of the fingerprint.

I. 서 론

지문 인식에 대한 연구는 잘 알려져 있지는 않지만 수 천년전 중국인들이 그 구조가 다양하고 불변 하다고 하였고^[1], 지문을 연구한 학자로 갈튼은 지문의 유전적 형질에 대해 찾아내지는 못하였지만 동일한 지문 형태를 지닌 사람은 없다고 하였으며 지문을 3가지 형태로 분류하였다^[2,3]. 그후 헨리는 갈튼의 분류 기준을 수정시켰고, 이 헨리 시스템은 현재까지의 지문 연구에 많은 초석이 되고 있다. 초기에 대부분의 학자들은 지문을 형태별로 분류하는데 역점을 두었으나, 1970년대부터는 지문 인식을 위한 전처리(Preprocessing) 및 후처리(Postprocessing)에 관한 부분들이 점진적으로 많은 학자들에게 관심의 대상이 되었으며, 특히 나무 구조(Tree structure)를 이용하거나 지문 화상을 세그먼트할 때 발생하는 구조적 문제를 극복하기 위해 통계적 측면을 추가하여 인식 율을 개선하게 되었다^[4,5,6,7]. 그 후 화상 입력 장치 및 각종 소프트웨어의 발달과 더불어 여전히 복잡 다양하지만 지문 인식 과정이 세분화되었고 다양한 종류의 특징점들을 정의하는 등 깊이 있는 연구가 계속 진행되고 있다. 특히 미연방 수사국의 지원 하에 활발한 연구가 이루어지고 있으며 지문을 이용하는 분야도 범인 검색 분야뿐만 아니라 빌딩 보안 유지, ID카드 등 다양한 분야에서 활용되고 있다^[8,9].

본 논문은 지문 감식에서 제한적 조건 없이 추출된 특징점들을 직접 이용할 때 많은 오류정보들을 매칭에 적용함으로써 신뢰성이나 성능 면에서 많은 문제점들이 발생될 수 있다는 점을 도출하였다. 따라서 본 연구에서는 각 특징점들이 지니는 속성(좌표, 거리, 각도, 주변 계조도)들을 고려하여 신뢰도(가중치)를 부여한 후 감식을

시도하였다. 그 결과 지금까지는 추출된 특징점들을 극히 국부적 영역에서 오·정만을 판단하였지만 본 연구에서는 오·정 뿐만 아니라 각 추출된 특징점에 가중치를 부여하여 각 특징점을 중심으로 4방향 영역에서 가장 큰 신뢰성을 갖는 특징점과의 상대적 위치 관계까지 고려하여 매칭에 이용하였기 때문에 특징점의 신뢰성을 무시한 기존의 방법 보다 더 정확한 결과를 얻을 수 있었다.

본 시스템을 구성하는데 있어서 지문 화상의 필터링 과정을 걸치지 않고 입력한 화일을 그대로 사용하거나 2진 화일을 가지고 세선화를 수행한 경우 많은 잡음과 홀(hole)이 생성되어 후처리(Postprocessing)에 많은 문제점들이 나타났으므로 전 처리 부분에서 맥락정보 영상강조 필터링 알고리즘^[10]을 이용하였다. 다음 과정인 세선화에서는 몇 가지의 알고리즘을 적용한 결과 힐디즈 알고리즘이 가장 좋은 결과를 가져 왔으나 일정 각도의 윤선을 침식시키는 결과로 인하여 힐디즈 알고리즘을 수정하였다. 이러한 전 처리 과정을 수행한 후 87개의 지문 화일을 특징점의 좌표, 방향, 그리고 각 특징점을 중심으로 4방향 영역에 존재하는 특징점들 중 가장 신뢰도가 높은 특징점까지의 거리, 그리고 해당 특징점의 신뢰도 등으로 구성된 후 신뢰도(FIDELITY)에 의하여 정렬하였고, 비교할 지문 화상은 단지 특징점 좌표와 방향만으로 구성하였다.

그 결과 의사(擬似) 특징점들 특징점 집합으로부터 제거하여 보다 확실한 특징점의 관계를 설정할 수 있었고, 이 설정된 정보를 가지고 지문 인식을 할 때 정량적으로 오류 정보를 제외할 수 있었으며, 확실한 정보만을 선택하여 적용하였기 때문에 한 지문에서 부정확한 정보를 이용하는 기존 시스템에 비해 정확한 정보를 가지고 매칭에 적용할 수 있었다는 점에서 신뢰성이 높았다.

본 논문은 2장에 필터링에 의한 지문 영상 복원을, 3장에는 지문 화상의 특징점을 추출하기 위하여 수행한 세선화를 기술하였으며, 4장에는 특징점의 정보 추출 및 구성에 대하여, 5장에는 인식에 대해 기술하였고 6장에 실험 결과를, 그리고 7장에서 결론을 맺었다

II. 필터링에 의한 지문 영상 복원

이 장에서는 지문 화상을 필터링과 복원 과정을 거치지 않고 그대로 사용하거나, 이 영상을 곧바로 2진 화일로 변환하여 세선화를 수행할 경우 많은 잡음과 더불어 불필요한 특징점들이 추출되어 지문 화상을 분석하거나 인식하는데 정확성이 떨어지기 때문에 이러한 문제점을 해결하기 위하여 필터링에 의한 영상 복원을 다루었다. 잡음이 섞여 있는 지문 영상의 強調(Enhancement)와 復元(Restoration)問題는 필히 수행해야 하는 부분이 되었다. 복원 방법은 일반적으로 Wiener 필터링과 같은 최소 평균 자승 오차에 기초를 두고 있으며, 영상의 주관적 질을 증진하고자 영상을 강조하였다. 용선과 골간의 경계 근처에서 필터의 대역 폭을 효과적으로 증가 시킴으로써 평평한 영상에서 잡음의 가시도를 너무 증가 시키지 않고 경계를 강조할 수 있는 맥락정보 영상강조 알고리즘⁽¹⁰⁾을 이용하였다. 이 방법은 시각 시스템을 직접 모델링하여 강조하는 새로운 접근 방법으로, 세포가 어떤 특별한 주파수 대역에서 選擇적으로 반응한다는 점을 모델링한 것이며 2차원 DOG(Differences of Gaussian)필터가 주파수 영역에서 보면 대역 통과 필터가 된다. 분산 σ 의 상대적인 비율과 σ 값에 따라 원하는 대역 필터를 구성할 수 있으며, 화소가 선과 경계의 특정 방향에 선택적으로 반응한다는 점을 모델링 하기 위해서는 "fan" 필터를 적용하였다. "fan" 필터의 해석적인 수식을 도출하기 위해서는 2등분 필터를 먼저 정의해야 하는데 이 필터는 주파수 영역의 한쪽만을 통과 시키는 기능을 갖고 있으며 이는 2차원 단계 함수 Gaussian convolution 하여 얻어진다.

$$B(u, v) = \text{step}(v) \cdot \tau \exp[-\pi \tau^2 v^2] \quad \text{식(1)}$$

여기서 τ 는 경계의 sharpness를 나타내며 이 상수는 1.6이다.

최종적으로 공간 주파수의 선택성을 반영한 "DOG" 필터와 방향 선택성을 나타내는 "fan" 필터를 결합함

로서 모델링 하였다. 이등분의 필터는 <식 1>을 이용하였고, 임의 방향으로 만큼 기울어진 2등분 필터를 유도할 수 있었다. 여기서 CUM은 累積 Gauss 함수를 나타내며 이러한 2등분 필터를 이용하여 만든 "fan" 필터를 공간 주파수 영역에서 나타내면 <식 2>와 같다.

$$\begin{aligned} B(u, v) &= \int_{-\infty}^{\infty} \tau \exp(\pi \tau^2 r^2) dr \\ &= \text{CUM}(\tau v) \end{aligned} \quad \text{식(2)}$$

또한 映像 強調를 위한 필터 τ 는 공간 주파수 영역에서 "DOG" 필터와 "fan" 필터의 곱으로 구성하였다. 이상의 脈絡 情報를 이용한 영상 강조의 결과로 映像 선형 요소 즉, 지문의 용선과 골이 강조되어 나타났고 용선 폭의 변화 및 국소적인 명암 대비의 변화와 같은 잡음이 제거되었으며 용선의 단절이 연결되었다. 脈絡 情報의 추출 과정은 16×16 화소 에 대해 일괄 처리하여 계산 정도를 상대적으로 처리하였다. 이 알고리즘을 적용하여 지문 화상 <그림 1>을 필터한 결과는 <그림 2>와 같다.

III. 지문 화상의 세선화

지문 화상 처리에서 전 처리 부분에 속하면서 가장 중요한 부분을 차지하는 것은 세선화이다. 세선화의 개념은 크게 두 가지로 나눌 수 있는데, 하나는 윤곽선 추출 과정에서의 세선화이고 또 다른 하나는 골격선 표시 과정에서의 세선화인데 대부분의 마스크에 의한 윤곽선 검출은 역치선택(Threshold value)에 따라 윤곽선으로 판단되는 화소가 변화된다. 이상의 정의에 얻어진 세선화의 결과는 다음과 같은 조건을 또한 충족해야 한다^(11,12,13).

- 1) 골격 선의 폭은 1이어야 한다.
- 2) 골격 선의 위치는 선도형의 중심에 위치하여야 한다.
- 3) 골격 선은 원 화상을 구성하고 있는 연결선을 유지해야 한다.
- 4) 세선화 과정에서 골격 선의 길이는 계속해서 줄어서는 안된다.
- 5) 화상 윤곽선의 작은 요철로 인한 잡가지선의 모양이 골격 선에 첨가되지 않아야 한다.

이상의 세선화 정의를 바탕으로 본 논문에서는 힐디즈 알고리즘을 적용한 결과 입력되어지는 영상(그림.한글,



그림 1. 원 화 상



그림 2. 필터링 결과

영문, 숫자, 지문 등) 대상에 따라 다소 다른 세션 결과가 산출되므로 본 연구에서 사용하고 있는 힐디즈 알고리즘을 지문 화상에 맞게 수정하였다. 이 알고리즘은 화상의 화소들을 한번 주사하면서 처리하는 동안에 변경된 화소 $X(i, j)$ 를 그 다음 순간의 국소 처리에서 곧바로 사용하는 방법인 순차 처리 기법과, 화소 $X(i, j)$ 가 변경되었다 할지라도 변경되기 전의 화소의 명암도를 기억해 두었다가 세션화 처리 과정에 사용하는 병렬 처리 기법을 결합하여 세션화 하는 힐디즈 알고리즘의 4번째 조건을 수정 보완하였다. 이 알고리즘은 다음과 같고 세션화를 위해 3×3 연결점 마스크를 이용하였다.

본 알고리즘은 3×3 의 국소 영역에서 다음 5가지 조건을 만족하면 그 국소 영역의 중심 화소를 "1" (Foreground)에서 "0" (Background)으로 변화시키는데 조건은 아래와 같다.

X_4	X_3	X_2
X_5	X_0	X_1
X_6	X_7	X_8

힐디즈 알고리즘을 이용한 3×3 국소 영역의 화소 점

단) X_1, X_3, X_5, X_7 은 4 이웃점

X_1, X_2, \dots, X_8 은 8 이웃점

조건 1: $C(X_0) = (X_0=1)$

이 조건은 X_0 가 세션화 대상인 패턴의 한 화소임을 의미한다.

조건 2: $C_2(x_0) = (\sum_{i=1}^4 \bar{x}_{2i-1} \geq 1)$

이 조건은 X_0 의 4 이웃 화소중 적어도 1개가 0임을 의미하며, X_1 는 세션화 대상 패턴의 주변 점임을 의미하고, 그리고 \bar{x} 는 X 의 2진 보수임을 의미한다.

조건 3: $C_3(x_0) = (\sum_{i=1}^8 x_i \geq 2)$

이 조건은 X_0 의 8 이웃 화소중 2개 이상이 1임을 의미하며 이것은 끝점을 보존하여 골격 선의 길이를 계속 줄여 나가지 않게 하는 조건이다.

조건 4: $C_4(x_0) = (x_7 \wedge x_8) \vee (x_6 \wedge x_7) \wedge x_1 \wedge x_2 \wedge x_8 \vee x_8)$

이 조건 중에서 \hat{x} 란 국소 처리에서 변경된 값을 의미하며, X_1 는 변경되기 전의 화소 명암도를 의미한다.

조건 5: $C_5(x_0) = (\sum_{i=1}^4 \hat{x}_{2i-1} \cdot (\hat{x}_{2i} \vee \hat{x}_{2i+1}) = 1)$

힐디즈 알고리즘의 4번째 조건 $\sum_{i=1}^8 (x_i \geq 1)$ 을 조건4와 같이 수정하였고, 세션화 결과는 <그림 3>과 같다.



그림 3. 세션화 결과

IV. 특징점 신뢰도 측정 및 정보 구성

지문 연구에는 많은 학자들이 오랜 기간 동안 연구를 하고 현재에도 진행이 되고 있다. 이장에서는 지금까지 지문 연구에 기초가 된 헨리 시스템과, 지문 인식에 기준으로 사용될 몇 가지 특징에 대해 먼저 기술하겠다. 헨리의 시스템은 갈튼의 지문 분류를 수정하였으며, 실제적으로 중요한 원리는 다음 사항에 근거하고 있다^[14].

1) 불변성 : 인간은 죽은 후 지문 표면이 부패될 때까지 지문 형태의 상세한 구조는 평생 동안 변화하지 않는다.

2) 유일성 : 융선의 구성이 상당히 다양한 만큼 동일 인이나 다른 사람의 손에 동일한 특성을 지닌 두 가지 이상의 지문 형태는 없다는 것이다.

3) 유별성 : 다양한 지문 형태는 구조적 측면에서 분류가 가능하다는 것이다.

이상의 지문의 고유한 특성들은 지문을 형태별로 분류하거나, 분류된 지문 화일로 부터 특정 지문을 인식하는 등의 지문을 이용하는데 기준이 되고 있다. 즉, 제한된 장소의 출입시 신분 확인용으로, 또는 은행 신용 및 마약 중독자 관리 등의 확인 수단으로, 범인 용의자의 지문과 현장에서 추출한 지문을 대조하는 범인 검색용으로 다양한 분야에서 이용된다. 이와 같이 지문을 이용하는

데는 지문의 특징점을 고려해야 하는데 본 논문에서는 두 종류의 특징점을 가지고 그와 연관된 정보를 추가하여 매칭에 활용하였다. 그 특징점은 아래에 기술된 두 가지이다.

1) 끝점 : 끝점은 3 X 3 영역에서 인접 화소(i, i+1)간에 0에서 1로, 1에서 0으로 변화하는 교차수^[15]를 다음과 같이 정의하고.

$$\text{끝 점} : CN = \left(\sum_{i=1}^8 |x_{i+1} - x_i| = 2 \right) \quad \text{식(3)}$$

위 식의 교차수 CN값에 의하여 CN = 2이면 끝점으로 정의를 하였다.

이에 대한 방향은 <그림 4a>에서 처럼 후보 특징점 (x, y)에서 7번째에 위치한 화소(x₁, y₁)까지의 각도를 의미하며, 방향 정보는

$$R = \arctan((y - y_1) / (x - x_1)) \text{이고} \quad \text{식(4)}$$

2) 분기점 : 한 융선이 두개 이상의 융선으로 갈라지는 점을 분기점으로 인식하였으며 CN = 6 이면 분기점으로 간주하였다.

$$\text{분기점} : CN = \left(\sum_{i=1}^8 |x_{i+1} - x_i| = 6 \right) \quad \text{식(5)}$$

이에 대한 방향 정보는 분기점을 원점으로 수평축과 세 융선 방향이 이루는 각의 크기가 작은 순서로 X, Y, Z라하고 두 능선 방향간의 사잇각을 각각

$$B_1 = |X - Y|$$

$$B_2 = |Y - Z|$$

$B_3 = |Z - X|$ 라 정의하였으며, 사잇각을 다음과 같이 180도 이하가 되도록 하였다.

$$A_i = 360 - B_i ; B_i > 180.$$

$$= B_i ; B_i \leq 180$$

여기서 i는 세 분기점으로 1, 2, 3이다.

위의 3 방향중 <그림 4b>에서 처럼 한 융선 방향 D₁만을 분기점의 방향 정보로 하였다.

이상으로 정의한 식들을 가지고 특징점인 융선이 갈라지는 분기점과 끝점을 구할 수 있다. 그러나 이러한 특징점들 중에는 상당히 많은 誤情報들을 내포하고 있는데, <그림 5>는 지문 융선이 깨끗하고 선명한 부분의 경우를 보여 주고 있으며, <그림 6>은 신뢰성이 높은 특징점중 끝점을 보여 주고 있다. 반면에 <그림 7>은 특징점

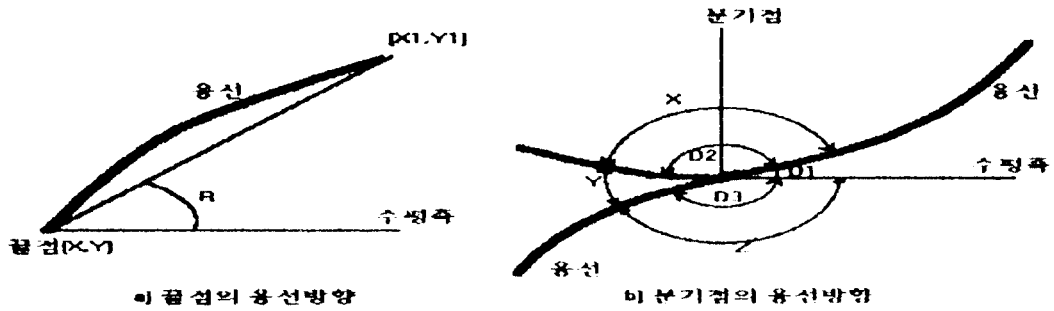


그림 4. 특징점 방향 정보

이 아니면서 특징점(끝점)으로 추출된 경우를 나타내 주고 있으며, <그림 8>과 <그림 9>는 분기점에 관한 내용을 보여 주고 있다. 이와 같이 특징점이라고 간주되어 추출된 특징점들의 결과를 살펴보면 <그림 10>에서처럼 신뢰성이 매우 높은 특징점과 신뢰성이 매우 낮은(거짓 특징점)점들이 함께 검출되는 것을 볼 수 있었다.

따라서 본 연구에서는 앞에서 언급한 바와 같이 이러한 문제점들을 도출하여 추출된 특징점에 다음과 같은 8가지 규칙들을 적용하여 신뢰도(가중치)를 산출하여 신뢰성이 높은 특징점들 간의상대적 위치 관계를 지문 감식에 적용하였는데 그 규칙들은 다음과 같다.

- 1) 임의의 특징점에서 그 점이 끝점이고 그 점을 기준으로 가장 가까운 특징점을 찾았을 때 그 점 또한 끝점일 경우에 그 두 점간의 거리와 방향 각을 검토하여 거리가 짧고 방향 각이 임계각을 만족할 때는 이 특징점의 신뢰도를 "0"으로 하여 신뢰성이 전혀 없는 특징점으로 규정한다.
- 2) 임의의 특징점에서 그 점이 끝점이고 그 점을 기준으로 가장 가까운 특징점을 찾았을 때 그 점이 끝점일 경우에 그 두 점간의 거리와 방향 각을 검토하여 거리만 짧고 방향 각이 임계각을 위배하였을 때는 이 특징점의 신뢰성을 50%이하로 감소하여 산출된 가중치에 따라 신뢰성이 약한 특징점으로 아니면 특징점군에서 제외시킨다.
- 3) 임의의 특징점에서 그 점이 끝점이고 그 점을 기준으로 가장 가까운 특징점을 찾았을 때 그 점이 끝점일 경우에 그 두 점간의 거리와 방향 각을 검토하여 거리는

길고 방향 각이 임계각을 초과하였을 때는 이 특징점에서 산출된 가중치 자체를 신뢰도로 규정한다.

4) 임의의 특징점에서 그 점이 끝점이고 그 점을 기준으로 가장 가까운 특징점을 찾았을 때 그 점이 끝점일 경우에 그 두 점간의 거리와 방향 각을 검토하여 거리가 길고 방향 각이 임계각을 만족하였을 때는 이 특징점의 신뢰도에 있어서 규칙 3과 같이한다.

5) 임의의 특징점에서 그 점이 끝점이고 그 점을 기준으로 가장 가까운 특징점을 찾았을 때 그 점이 분기점일 경우에 그 두 점간의 거리와 방향 각을 검토하여 거리가 짧고 방향 각이 임계각에 만족하였을 때는 이 특징점 신뢰도는 규칙 1과 같이한다.

6) 임의의 특징점에서 그 점이 끝점이고 그 점을 기준으로 가장 가까운 특징점을 찾았을 때 그 점이 분기점일 경우에 그 두 점간의 거리와 방향 각을 검토한 후 거리만 길고 방향 각이 임계각을 위배하였을 때는 이 특징점 신뢰도는 규칙 3과 같이한다.

7) 임의의 특징점에서 그 점이 분기점이고 그 점을 기준으로 가장 가까운 특징점을 찾았을 때 그 점 또한 분기점일 경우에 그 두 점간의 거리와 방향 각을 검토하여 거리가 짧고 방향 각이 임계각을 만족하였을 때는 이 특징점 신뢰도는 규칙 2와 같이한다.

8) 임의의 특징점에서 그 점이 분기점이고 그 점을 기준으로 가장 가까운 특징점을 찾았을 때 그 점 또한 분기점일 경우에 그 두 점간의 거리와 방향 각을 검토하여 거리가 길고 방향 각이 <식 1>를 위배하였을 때는 이 특징점 신뢰도는 규칙 3과 같이한다.

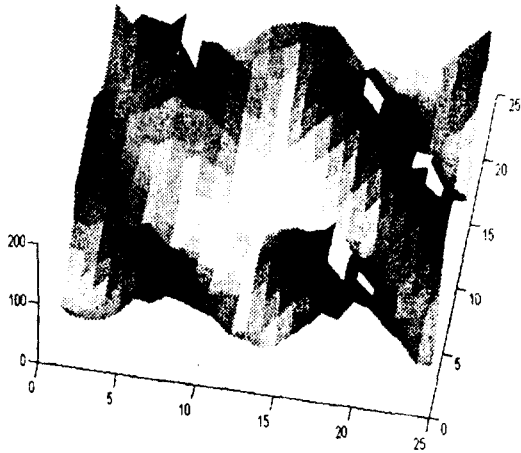


그림 5. 일반적 용선의 계조도

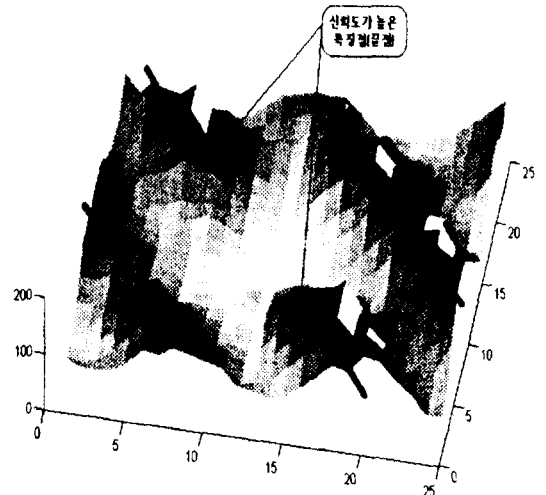


그림 6. 특징점(끝점)

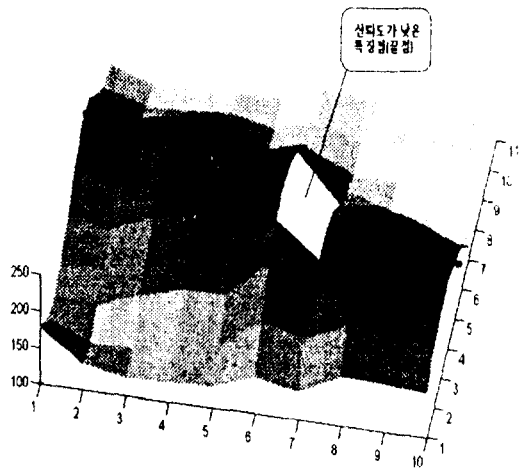


그림 7. 오류 특징점(끝점)

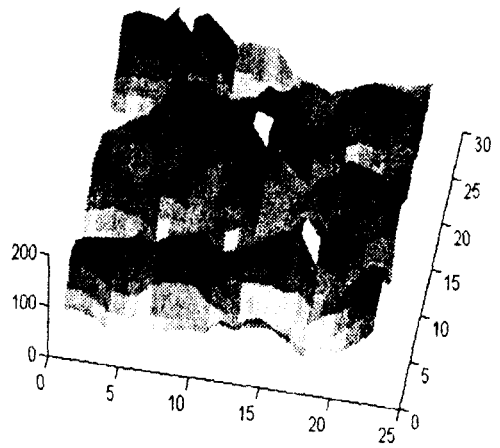


그림 8. 오류 특징점(분기점)

여기서 두 점간의 길이의 기준은 용선과 다른 용선 간의 거리를 의미하고 두 특징점이 마주하고 있는지 아니면 방향 각이 전혀 다른지를 판별하는 각도 α 는 식(6)을 이용하였다. 즉 두 방향차 α 를 실험에 의하여 임계각으로 정하였는데, 이 값은 90° 보다 크거나 같다.

$$\alpha = |D_1 - D_2| \geq \frac{\pi}{2} \quad \text{식(6)}$$

그리고 두 특징점간의 거리는 식(7)을 이용하였는데 이 기준은 각 화상에서 용선과 연결한 용선 간의 거리를 측정하여 임계치로 하였다.

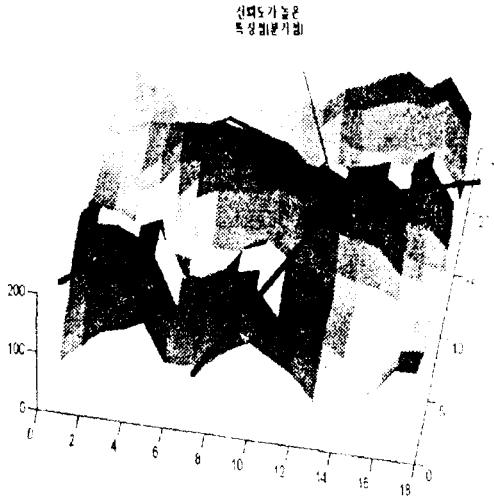


그림 9. 특징점(분기점)



그림 10. 후보 특징점 추출



그림 11. 신뢰도가 높은 특징점

음선간 및 특징점간의 거리 :

$$D = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad \text{식(7)}$$

이상의 규칙들을 추출된 특징점에 적용하면 특징점이

아닌 특징점들을 제거할 수 있다. 즉 斷線(Ending point)인 경우 正常的인 情報 흐름의 有無를 파악하여 특징점(끝점)에서 除去할 것인지 또는 포함할 것인지를 결정하였다. 또한 분기점의 경우도 동일한 규정을 적용한 결과 전체적으로 특징점의 수가 현저하게 감소됨을 알 수 있었으며 거짓 정보를 포함하여 평균 400 여개의 특징점들이 적게는 30에서 90개 사이로 줄어들었으며 그 결과는 <그림 11>과 같다. 신뢰도 측정시, 방향 인자 단독의 값은 특징점의 신뢰성을 판단하는데 결정적인 영향을 미치지 못하였고, 단지 두 특징점간의 거리를 측정한후, 방향인자를 적용하여 이용하였다. 음선과 골간의 선명도가 약한 부분에서 추출된 특징점일지라도 신뢰도가 높은 특징점으로 간주되었고, 반면에 추출된 특징점중, 음선과 골의 선명도가 확실하였지만 특징점의 속성 즉, 거리와 방향에서 임계값을 위배하여 특징점에서 제외된 경우가 많았다. 그리고 계조도는 음선을 형성하고 있는 최대 값과 최소 값 차의 평균을 취하였고, 각 특징점의 계조도를 측정하기 위하여 특징점들의 주변 전체 영역에 대한 계조도의 평균을 취하였다. 이상으로 방향, 거리, 계조도를 고려하여 구한 신뢰도 결과는 <표 1>과 같다.

V. 인 식

지문을 인식하기 위하여 많은 종류의 특징점(끝점, 분기점, 단선, 브리지, 스퍼 등)들이 사용되고 있지만, 알장에서도 언급하였듯이 잡음의 영향을 적게 받는 끝점과 분기점을 가지고 인식에 이용하였다. 지문 화일은 좌표, 방향, 각 특징점을 중심으로 4방향 영역에 존재하고 있는 특징점중 가장 신뢰도가 높은 특징점까지의 거리(식 7)와 각도(식 8), 그리고 신뢰도 등으로 <표 2>와 같이 구성하였다. 그리고 비교할 입력 화상은 단지 특징점의 좌표와 방향 값만으로 <표 3>과 같이 구성하였다.

특징점간의 각도 : $R = \arctan \frac{(x_1 - x_2)}{(y_1 - y_2)}$ 식

표 1. 특징점의 신뢰도

좌표	방향	FIDELITY	좌표	방향	FIDELITY
288 342	0	0.70	250 338	1	0.58
308 350	0	0.68	322 222	7	0.57
286 248	0	0.67	248 158	0	0.57
212 340	1	0.67	238 336	0	0.56
338 326	0	0.67	180 362	1	0.56
278 234	0	0.66	290 204	7	0.56
298 224	7	0.64	362 262	0	0.55
214 380	1	0.64	178 262	0	0.54
138 368	5	0.64	152 380	0	0.54
296 244	7	0.64	220 380	0	0.53
140 316	1	0.64	170 370	0	0.51
278 356	1	0.63	196 324	1	0.51
238 368	0	0.63	174 224	0	0.50
242 252	0	0.62	328 224	3	0.50
298 208	7	0.62	310 216	3	0.50
258 372	0	0.62	196 348	1	0.50
136 300	0	0.61	156 378	0	0.50
232 206	0	0.61	282 208	7	0.49
234 262	7	0.61	178 334	1	0.48
268 258	7	0.61	346 242	7	0.48
290 206	3	0.60	282 154	6	0.48
166 350	1	0.59	330 234	7	0.46
194 384	1	0.59	282 160	2	0.46
200 340	5	0.59	188 384	5	0.46
374 292	0	0.58	290 178	0	0.45

여기서 $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ 는 두 특징점간의 좌표 값이다.

지금까지 언급한 규칙이나 식을 통하여 구해진 정보를 가지고 입력 화상에 신뢰도를 부여한 후, 이 신뢰도를 중심으로 각 특징점간의 4방향 관계를 살펴보면 <그림 12>와 같다. 이 자료를 가지고 화일 지문과 입력 지문의 특징점을 매칭한 결과 <그림 13>은 화일 지문이 가지고 있는 정보이고, <그림 14, 15, 16>은 입력 정보가 화일 지문의 특징점 위치가 4, 3, 2개 순으로 일치함을 보여 주고 있으며, <그림 17>은 한 개만 일치하므로 오류 발생에 의해 생성된 결과로 간주하고 일치 대상에서 제외하였다. 매칭 진행 알고리즘은 다음과 같다.

단계 1) 신뢰도의 순으로 탐색을 한다(신뢰도 순으로 정렬되어 있음).

단계 2) 신뢰도를 중심으로 4 영역에 존재하는 특징점들 중 화일 베이스에 기록된 특징점간의 길이가 임계치 범위 내에 존재하는 특징점이 2개 이상 존재하고 그 특징점들간 사잇각이 임계치를 또한 만족하는가 ?

만족하는 점이 2개이면 단계 4로;

만족하는 점이 3개이면 단계 5로;

만족하는 점이 4개이면 단계 6으로 진행;

한개 이하이면 불일치로 판단하고 단계 1로 다시 진행;

단계 3) 전체 특징점 갯수의 1/3 만큼을 비교할 때까지 부분 일치점이 나타나지 않으면 다음 지문 화일과 비교

단계 4) 두개이면 PF(부분 일치점)의 계수를 2 증가

단계 5) 두개이면 PF(부분 일치점)의 계수를 3 증가

단계 6) 두개이면 PF(부분 일치점)의 계수를 4 증가

단계 7) $PF \geq 15$ 이상이면 동일 지문으로 판단한다.

단계 8) $PF < 15$ 단계 1로 진행;

단계 9) 작업 종료

여기서 두 점간의 거리는 유클리드의 거리를 이용하였고 화일 지문과 입력 지문의 거리의 임계치는

화일 지문 : $D_{ij} = |R_i - R_j|$

입력 지문 : $D'_{ij} = |R'_i - R'_j|$

거리 임계치 : $|D_{ij} - D'_{ij}| \leq T_L$

사잇각의 임계치 : $|\theta_i - \theta'_i| \leq T_\theta$ 이다.

여기서 임계치 T_L 는 2와 $T_\theta = 0..314(\text{radian})$ 인 경우에 가장 좋은 결과를 산출하였다.

표 2. 지문 화일의 구조

좌 표	방향	(ULFD, 1)	(URFD, 2)	(DLFD, 3)	(DRFD, 4)	FIDELITY
288 342	0	(76.2.63e-2)	(52.2.63e-2)	(152.2.63e-2)	(21.2.63e-2)	0.70
308 350	0	(112.1.78e-2)	(38.1.78e-2)	(170.1.78e-2)	(0.1.78e-2)	0.68
286 248	0	(16.1.05e+0)	(26.1.05e+0)	(118.1.05e+0)	(94.1.05e+0)	0.67
212 340	1	(34.1.74e-1)	(118.1.74e-1)	(79.1.74e-1)	(76.1.74e-1)	0.67
338 326	0	(142.1.40e-2)	(49.1.40e-2)	(52.1.40e-2)	(0.1.40e-2)	0.67
278 234	0	(104.9.58e-2)	(22.9.58e-2)	(124.9.58e-2)	(108.9.58e-2)	0.66
298 224	7	(22.7.85e-1)	(24.7.85e-1)	(118.7.85e-1)	(126.7.85e-1)	0.64
214 380	1	(58.3.44e-2)	(83.3.44e-2)	(20.3.44e-2)	(0.3.44e-2)	0.64
138 368	5	(68.1.54e+0)	(152.1.54e+0)	(0.1.54e+0)	(76.1.54e+0)	0.64
296 244	7	(20.5.07e-1)	(20.5.07e-1)	(98.5.07e-1)	(106.5.07e-1)	0.64
140 316	1	(16.1.32e+0)	(161.1.32e+0)	(52.1.32e+0)	(150.1.32e+0)	0.64
278 356	1	(112.5.35e-2)	(17.5.35e-2)	(140.5.35e-2)	(00.5.35e-2)	0.63
238 368	0	(58.1.03e-1)	(56.1.03e-1)	(26.1.03e-1)	(20.1.03e-1)	0.63
242 252	0	(73.3.90e-1)	(44.3.90e-1)	(92.3.90e-1)	(101.3.90e-1)	0.62
298 208	7	(8.2.44e-1)	(0.2.44e-1)	(134.2.44e-1)	(142.2.44e-1)	0.62
258 372	0	(88.2.27e-2)	(42.2.27e-2)	(44.2.27e-2)	(0.2.27e-2)	0.62
136 300	0	(0.0.00e+0)	(158.0.00e+0)	(0.0.00e+0)	(157.0.00e+0)	0.61
232 206	0	(0.0.00e+0)	(50.0.00e+0)	(135.0.00e+0)	(147.0.00e+0)	0.61
234 262	7	(71.5.64e-1)	(53.5.64e-1)	(81.5.64e-1)	(96.5.64e-1)	0.61
268 258	7	(26.2.26e-1)	(20.2.26e-1)	(99.2.26e-1)	(86.2.26e-1)	0.61
290 206	3	(46.1.39e+0)	(0.1.39e+0)	(136.1.39e+0)	(145.1.39e+0)	0.60
166 350	1	(42.9.17e-1)	(122.9.17e-1)	(33.9.17e-1)	(56.9.17e-1)	0.59
194 384	1	(42.9.49e-2)	(102.9.49e-2)	(0.9.49e-2)	(0.9.49e-2)	0.59
200 340	5	(22.2.66e-1)	(125.2.66e-1)	(68.2.66e-1)	(88.2.66e-1)	0.59
374 292	0	(32.1.19e+0)	(0.1.19e+0)	(99.1.19e+0)	(0.1.19e+0)	0.58
250 338	1	(12.1.65e-1)	(96.1.65e-1)	(38.1.65e-1)	(38.1.65e-1)	0.58
322 222	7	(13.4.63e-1)	(0.4.63e-1)	(124.4.63e-1)	(105.4.63e-1)	0.57
248 158	0	(0.0.00e+0)	(34.0.00e+0)	(185.0.00e+0)	(188.0.00e+0)	0.57
238 336	0	(60.3.33e-2)	(100.3.33e-2)	(26.3.33e-2)	(50.3.33e-2)	0.56
180 362	1	(18.7.08e-1)	(109.7.08e-1)	(42.7.08e-1)	(38.7.08e-1)	0.56
290 204	7	(44.1.39e+0)	(0.1.39e+0)	(138.1.39e+0)	(147.1.39e+0)	0.56
362 262	0	(94.4.25e-2)	(0.4.25e-2)	(108.4.25e-2)	(32.4.25e-2)	0.55
178 262	0	(38.1.46e+0)	(108.1.46e+0)	(66.1.46e+0)	(136.1.46e+0)	0.54
152 380	0	(18.7.08e-1)	(141.7.08e-1)	(0.7.08e-1)	(42.7.08e-1)	0.54
220 380	0	(64.3.12e-2)	(77.3.12e-2)	(26.3.12e-2)	(0.3.12e-2)	0.53
170 370	0	(32.6.24e-2)	(121.6.24e-2)	(20.6.24e-2)	(45.6.24e-2)	0.51
196 324	1	(56.1.41e-1)	(117.1.41e-1)	(72.1.41e-1)	(93.1.41e-1)	0.51
174 224	0	(0.0.00e+0)	(125.0.00e+0)	(98.0.00e+0)	(164.0.00e+0)	0.50

표 2. 계 속

좌 표	방향	(ULFD, 1)	(URFD, 2)	(DLFD, 3)	(DRFD, 4)	FIDELITY
288 342	0	(76.2.63e-2)	(52.2.63e-2)	(152.2.63e-2)	(21.2.63e-2)	0.70
328 224	3	(6.3.21e-1)	(0.3.21e-1)	(124.3.21e-1)	(102.3.21e-1)	0.50
310 216	3	(14.5.88e-1)	(0.5.88e-1)	(127.5.88e-1)	(113.5.88e-1)	0.50
196 348	1	(22.6.61e-1)	(92.6.61e-1)	(61.6.61e-1)	(112.6.61e-1)	0.50
156 378	0	(20.5.07e-1)	(136.5.07e-1)	(4.5.07e-1)	(58.5.07e-1)	0.50
282 208	7	(50.3.99e-2)	(8.3.99e-2)	(149.3.99e-2)	(134.3.99e-2)	0.49
178 334	1	(42.4.42e-1)	(138.4.42e-1)	(52.4.42e-1)	(110.4.42e-1)	0.48
346 242	7	(17.4.63e-1)	(00.4.63e-1)	(115.4.63e-1)	(57.4.63e-1)	0.48
282 154	6	(0.0.00e+0)	(0.0.00e+0)	(198.0.00e+0)	(188.0.00e+0)	0.48
330 234	7	(10.1.37e+0)	(00.1.37e+0)	(115.1.37e+0)	(92.1.37e+0)	0.46
282 160	2	(34.5.87e-2)	(0.5.87e-2)	(193.5.87e-2)	(182.5.87e-2)	0.46
188 384	5	(36.1.10e-1)	(108.1.10e-1)	(0.1.10e-1)	(0.1.10e-1)	0.46
290 178	0	(19.1.15e+0)	(0.1.15e+0)	(164.1.15e+0)	(172.1.15e+0)	0.45

표 3. 입력 지문의 특징점 좌표와 방향

좌표	방향	좌표	방향	좌표	방향
282 154	6	330 234	7	238 336	0
248 158	0	346 242	7	250 338	1
282 160	2	296 244	7	200 340	5
290 178	0	286 248	0	212 340	1
290 204	7	242 252	0	288 342	0
232 206	0	268 258	7	196 348	1
290 206	3	178 262	0	166 350	1
282 208	7	234 262	7	308 350	0
298 208	7	362 262	0	278 356	1
310 216	3	374 292	0	180 362	1
322 222	7	136 300	0	138 368	5
174 224	0	140 316	1	238 368	0
298 224	7	196 324	1	170 370	0
328 224	3	338 326	0	258 372	0
278 234	0	178 334	1	156 378	0
152 380	0	214 380	1	220 380	0
188 384	5	194 384	1		

Ⅵ. 실험 결과

지문의 구조는 너무 다양하고 복잡하여 지문을 채취하

는 과정에 따라 같은 처리 과정에서도 결과가 다르게 나타났다. 특히 채취한 지문이 그레이(Gray) 화일 인지 아니면 이진 화일 인지에 따라서 달랐으며, 그레이 화일 일 경우 필터링 과정을 수행하지 않고 세선화를 수행하였을 때 그 결과에 많은 단선이나 홀이 나타나 후 처리(Postprocessing) 과정에 많은 오류가 출력되었다. 이러한 시행 착오를 통하여 지문은 그레이 화일로 구성되어야 하고 필히 필터링 과정을 수행해야 그 다음 세선화 과정에서 좋은 결과를 얻을 수 있다는 결론을 얻었다. 또한 세선화에서도 기존 알고리즘을 그대로 구현할 경우 세선 대상이 한문, 영문자, 한글, 숫자, 영상, 지문, 등의 입력되는 화상 종류에 따라 다른 결과가 표현되었다. 따라서 본 연구에서는 힐디즈 알고리즘을 적용한 결과 일정한 각도의 윤선이 침식하는 현상이 나타나 지문 영상에 맞도록 수정 보완하였다. 세선화 후 많은 종류의 특징점이 나타나지만 잡음의 영향을 적게 받은 끝점과 분기점만을 선택하여 이용하였다. 이 두 특징점을 세선 화상에 그대로 적용할 경우 지문이 뭉개지거나 흐트러진 부분, 윤선의 가장 자리 부분, 채취 과정에서 생성된 윤선의 단절, 분기점의 가지등 특징점으로 간주할 수 없는 부분들이 실험을 통해 나타났다. 본 연구에서 이러한 점 들을 도출한 결과들에 대해 제거 전과 후의 관계를 <그



그림 12. 신뢰도에 의한 특징 점들 간의 정보 구성 관계

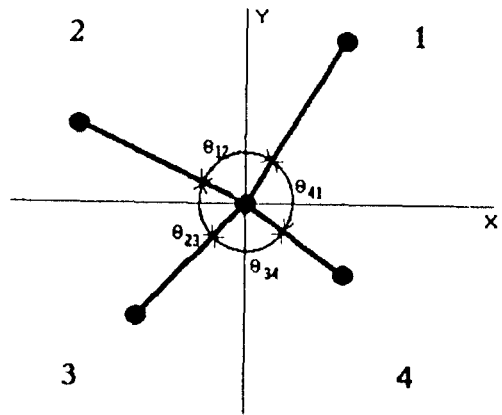


그림 13. 화일 지문의 특징점 정보

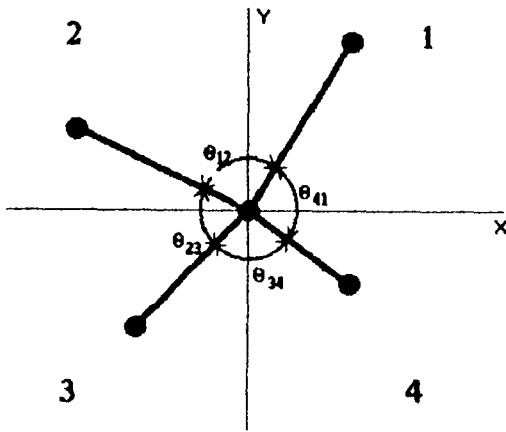


그림 14. 모든 특징 점이 일치하는 경우

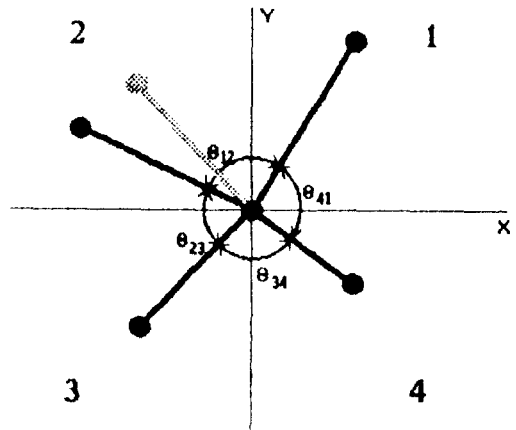


그림 15. 3개의 특징 점이 일치하는 경우

림 18)에서보여주고 있다.

인식에서는 입력 지문 화상과 화일 지문 화상의 구조를 다르게 구성하였다. 즉 지문 화일은 특징점의 좌표, 방향, 거리, 신뢰도 등의 정보들로 구성하였고, 입력 화상은 단지 특징점 좌표와 특징점의 방향으로 구성하였다. 입력 화일을 지문 화일 정보에 맞게 구성한 후 두 화일간의 사이각과 거리, 방향을 비교한 후 부분적 또는 완전히 일치하는 점들을 누적하였다. 이 부분 일치점이

15개 이상일 경우 동일 지문으로 판단을 하였다. 또한 지문 매칭시 효율성을 높이기 위하여 입력 화상의 특징점 전체를 비교한 후 불일치를 판단하는 것이 아니라 각 화상의 전체 특징점중 1/3 만큼을 비교할 때까지도 부분 일치점 수가 나타나지 않을 때는 동일 화상이 아닌 것으로 간주하였다. 이 결과는 실험을 통한 결과 였다. 87개의 지문 화상에서 오류 특징점을 제거하고 각 추출된 특징점에 신뢰도를 부여한 후 매칭에 적용한 결과

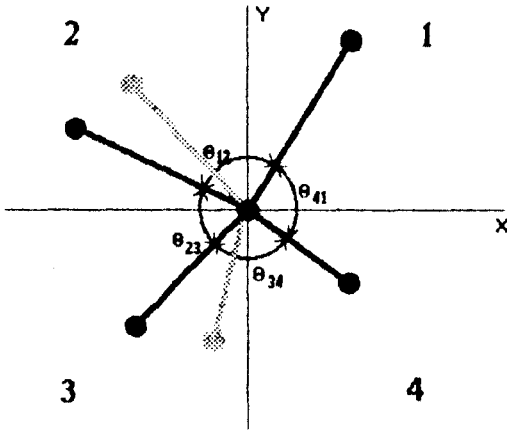


그림 16. 2개의 특징 점이 일치하는 경우

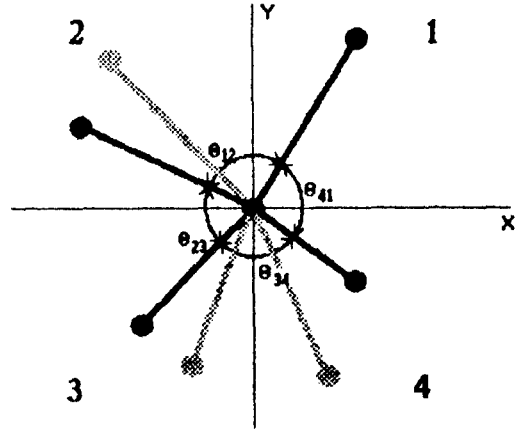


그림 17. 한 개의 특징 점이 일치하는 경우

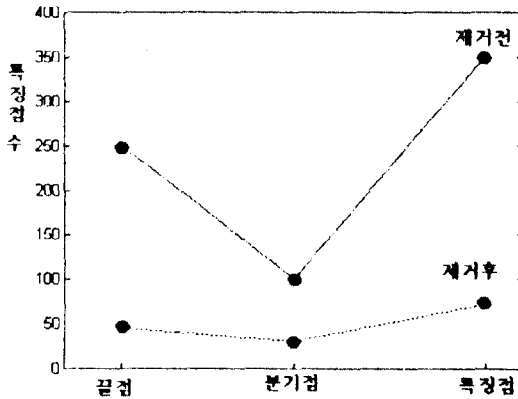


그림 18. 오류 특징점 제거 전·후의 특징점 수

97.7%의 인식을 보였다.

VII. 결 론

본 연구에서는 추출된 특징점에 신뢰도 인자를 부여하여 지문 인식에 활용하고자 시도를 하였다. 지문은 512 X 480크기의 원지문을 그레이 화일로 채취하였으며 세선화를 수행하기 전에 정확한 특징점을 추출하기 위하여

필터링 알고리즘을 이용하여 원 지문 화상을 최대한 복원하였다. 이러한 과정을 걸치지 않고 곧바로 이진 화일로 채취했을 때에는 정확하지 못한 세선 결과와 특징점 추출시 많은 오류 정보가 얻어지는 문제가 야기되었다. 두 번째 단계에서는 기존의 세선화 알고리즘을 이용한 경우 많은 침식 현상이 나타났다. 이 침식 현상은 지문 화상에 어느 정도 적응이 되는 힐디즈 알고리즘에서도 나타나 이를 수정하고 침식 현상을 보완하여 양호한 세선 결과를 얻었다. 세 번째 단계에서는 지문이 뭉개지거나, 과도하게 손상되어 후보 특징점으로 인식된 특징점이 아닌 점들을 특징점간의 거리, 각도, 방향, 계조도 등에 의하여 산출된 신뢰도를 이용하여 신뢰성이 높은 특징점들로만 지문 화일을 구성하였다. 그 결과 많은 오류 정보들이 특징점군에서 제외되었고 원 지문과 필터링 과정을 수행한 후의 2진 화일에 각각 표시를 해 본 결과 옵션의 계조도는 낮았지만 정확한 특징점으로 나타났으며, 계조도는 높았지만 신뢰도가 낮아 특징점에서 제외되었거나 신뢰도가 낮은 특징점으로 분류 되었음을 알 수 있었고, 채취 과정에서 생성된 잡음이나, 과도한 압력에 의해 지문 화상이 밀려서 옵션과 풀이 분명하지 않아 생성된 점들을 특징점에서 제외할 수 있었다.

인식 과정에서는 선정한 특징점의 정보로는 좌표, 방향, 각도, 신뢰도, 특징점간의 4명역간의 거리를 구성하

여 이 정보들을 인식에 적용하여 보았고 신뢰도를 제외한 정보를 가지고 인식 시스템에 적용하여 보았다. 그 결과 많은 오류의 정보를 가지고 매칭에 임하였는지를 파악할 수 있었으며 신뢰도를 제외할 경우 정확성도 상당히 낮았다. 매칭 과정은 신뢰도를 중심으로 구성된 지문 화일과 입력 화일을 비교할 때, 입력 정보의 특징점의 주변 4방향 영역의 특징점까지의 거리와 사잇각이 4개 모두 일치하는 경우, 3개만 일치하는 경우, 2개만 일치하는 경우를 부분적 일치로 간주하였고 단 4영역중 하나 이하만 일치할 경우는 불일치로 간주하고 총 일치점이 15개 이상이 나타날 경우 동일 지문으로 판정하였다. 화일 지문 대상은 87개 였고 인식 율은 97.7% 였다.

참고문헌

1. K. S. Fu, An Application of Stochastic Languages to Fingerprint Pattern Recognition. Patt. Recog. 8, pp.173-179. 1974.
2. Andrew K. Hrechak. Automated Fingerprint Recognition Using Structural Matching. Patt Recog. 23, pp.893-904. 1990.
3. FBI's Manual, The Science of Fingerprints. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 1963.
4. K. S. Fu, A syntactic method for recognition of Fingerprint. Tech. Rept. 75-36, School of Electrical Engineering, Purdue University, IN.1974.
5. C. V. Rao, On Fingerprint Pattern Recognition. Patt. Recog. 10, pp5-18. 1978.
6. S. G. Zaky, Fingerprint Identification Using Graph Match. Patt. ecog. 19, pp.113-122. 1986.
7. B. M. Mehtre, Segmentation of Fingerprint Images-A Composite Method. Patt. Recog. 22, pp.381-385. 1989.
8. The Construction Specifier(1989), June, pp.52-58. 1989.
9. N. N. Murthy, Detection of Singular Points in Fingerprint Images. Patt. Recog. 25, pp.139-153. 1992.
10. 신 태민, 시각 모델을 이용한 지문의 영상 강조에 관한 연구, 연세대, pp.53-63, 1987.
11. Francis, Galton Fingerprint Directories 4r. Retland Gate London, S.W., 1895.
12. J. T. Tou Automatic fingerprint identification and Classification analysis and topological coding. Pic. Patt. Recog. pp.411-456. 1968.
13. M. Kawagoe Fingerprint pattern classification. Matt. Recog. 20, pp.429-435. 1984.
14. B. Moayer and K. S. Fu, A Syntctic Approach to Fingerprint Pattern Recognition, Patt. Recog. Vol. 7, pp.1-23, 1975.
15. T. CH. Malleswara Rao, Feature Extraction for Fingerprint Classification, Patt. Recog. Vol. 8, pp.181-192. 1976.

鄭 良 權 (Young Kwon Jeong)

정희원

趙 範 皦 (Bum Joon Cho)

정희원

1984년 : 조선대학교 전산기공학과 졸업

1988년 : 조선대학교 대학원 졸업

현재 : 조선대학교 박사과정 수료, 동신대학교 전산통계학과 재직

※주관심 분야 : 패턴인식, 지식베이스

1980년 : 조선대학교 졸업

1988년 : 한양대학교 졸업(공학박사)

1989년~1991년 : Univ. of Connecticut(Post-Doc)

현재 : 조선대학교 전자계산소장, 컴퓨터공학과 부교수

※주관심 분야 : 패턴인식, 컴퓨터비전