

지문영상의 복원과정과 특징점추출에 관한 연구

正會員 韓 白 龍* 正會員 李 大 寧**

A Study of Restoration and Feature Extraction

Baik Yong HAN*, Dai Young LEE** *Regular Members*

要 約 본 논문은 지문영상의 복원 알고리즘과 특징점 추출에 관한 것이다.

지문영상의 복원은 잡음등에 의한 왜곡을 보정시키고, 지문에 갖는 여러가지의 특징을 보존 시키는데 그 목적이 있다. 복원 과정에서 세션영상의 방향정보와 원래영상의 명암값을 이용하였으며, 특징점의 추출을 하기 위해서 샘플 매트릭스를 사용, 지문의 중심점을 추출하였다.

ABSTRACT In this paper, we represent the restoration and feature extraction of fingerprint image. The purpose of restoration of fingerprint images are to compensate distortion which is affected by noise and to preserve various features of fingerprint image. To extract the central point of fingerprint, we used sample matrix, and restore fingerprint, we used direction in formation of thinned image and the gray scale of the original images.

I. 서 론

지문은 범죄 조사상 중요한 자료로 이용되었으나, 그 활용의 범위가 확대됨으로써 컴퓨터를 이용하여 자동처리가 가능하도록 많은 연구가 계속 되었다. 지문이 여러 분야에서 중요한 자료로 이용되는 것은 종생불변, 만인부동이라는 특징에 근거를 두고 있다⁽⁶⁻¹⁰⁾.

한편, 지문의 응용분야는 확대되는 추세이며, 자동 지문 정합 시스템(automatic fingerprint identification system) 구현의 경우, 문제가 되는

것은 전처리 (preprocessing) 과정에 대한 개선 정도에 귀착된다. 이 경우 입력 단계에서 영상의 질(quality)을 향상시키는 것을 생각할 수 있으나, 불가능한 점이 많게 된다⁽⁶⁻⁷⁾.

지문의 응선과 곡사이의 간격은 일정하며 명암도의 차이가 일정하다. 그러므로 명암도 분포는 일반적으로 바이모델 (bimodel)한 형태의 명암도 분포를 갖게 되며 약간의 치우침에 의해서도 영상은 크게 영향을 받게 된다.

지문영상에 대한 왜곡을 최소화하기 위한 2진화 방법론이 연구되어 왔으나, 본 연구에서는 Fuzzy set을 기본으로 지문이 갖는 통계적인 특징인 응선 부분과 곡부분이 일정한 비율을 갖는다는 성질을 이용하여 멩계집 부분등과 같은 왜곡현상을 최소화 할 수 있었다⁽¹⁻²⁾.

*釜山慶尙專門大學校
Dept. of Electronic Engineering Kyung Sang Junior College
**慶熙大學校 工科學電子工學科
Dept. of Electronic Engineering, Kyung Hee University.
論文番號 : 90-55(接受1990. 1. 25)

또한 중핵점 (core point)을 추출하는 여러가지 방법론이 연구되었으나 지문의 중심부에서 융선 (ridge)의 정확한 추출이 불가능하며, 뭉개짐 (stretching)부분에서의 추출의 향상을 기대하기 힘든 문제가 제기되고 있다.

본 논문에서는 지문융선의 복원과 특징점(분기점, 단점, 중핵점) 추출을 위한 방법론을 제시한다.

복원과정을 통하여 세션화 결과 영상에서 발생하는 여러 형태의 에러요인을 제거하고 정합과정을 효율적으로 수행하기 위한 중핵점의 추출과 단점과 분기점의 신뢰성을 증가시켜 정합율의 향상을 목적으로 복원과정에서는 원래 영상의 명암값 분포와 지문영상의 융선 흐름정보를 이용한 추적을 통하여 세션영상에 발생된 고립점, 갭등을 제거하였으며, 복원 영상을 기초로 융선의 흐름 정보를 나타내는 샘플매트릭스 (sample matrix)를 구성하여 중핵점을 추출함으로써 변환 법등에 의한 단점을 보완할 수 있었다.

II. 본 론

2-1. 영상의 2진화

지문영상은 일반적으로 바이모달한 형태의 명암도 분포를 갖게 된다. 입력지문은 인간의 손가락에 묻게 되는 땀과 먼지, 손가락 자체에 생긴 갭(gap)에 의해서 융선의 형태에 왜곡이 발생하며, 또 균일한 힘에 의해서 입력되지 못한 것에 의한 뭉개짐, 과다한 잉크 사용등에 의한 Missing Area의 존재는 피하기 어렵다¹⁾.

따라서 지문은 입력단계에서 부터 여러가지 형태의 에러요인이 존재하여 영상의 복원과 정합에 관건이 되고 있다.

이러한 문제에 의한 왜곡현상을 최소화하기 위해서 영상을 부영역화하여 2진화하는 방법, 가변적 문턱값을 사용한 2진화 방법, 통계적 방법론등이 연구되었다^{2) 3)}.

본 연구에서는 Fuzzy set을 기본으로 융선화소와 곡화소가 일정하게 분포한다는 성질을 이용하여 영상을 24×24의 부영역으로 영역화 한 후,

부영역 단위로 최대 명암값과 평균 명암값을 이용하여 각각의 화소를 융선화소와 곡화소로 구분하고 허용범위를 기준으로 두 화소의 비율을 조정하는 과정을 통한 2진화 방법을 이용함으로써 상수 결정에 소요시간이 오래 걸리는 단점이 있으나, 뭉개진 부분과 같은 에러에 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

2진화를 위한 Fuzzy set 알고리즘은 아래의 9단계로 요약할 수 있다.

- (1) 상수 C를 설정한다.
- (2) 윈도우 내의 평균 명암값 V_a 를 구한다.
- (3) 문턱값 $T=V_a+C$ 와 $X_c=0.5+T$ 를 구한다.
- (4) F_d 와 $X(i, j)$ 가 0일 경우의 값 K를 구한다.
- (5) 위의 단계에서 구한 F_d 의 값에 해당하는 각 화소의 $b(i, j)$ 를 구한다.
- (6) 구해진 $b(i, j)$ 의 값을 다음과 같은 조건에 따라 개선한다.

$$0 \leq b(i, j) < 0.5 \text{ then } b'(i, j) = [2(b(i, j))]^2$$

$$0.5 \leq b(i, j) < 1 \text{ then } b'(i, j) = [1 - 2(1 - b(i, j))]^2$$

$$b(i, j) < K \text{ then } b'(i, j) = K$$

- (7) $b'(i, j)$ 의 값에 따라 각화소를 2진화 시킨다.

$$b(i, j) < 0.5 \text{ then } y(i, j) = 1$$

$$b(i, j) \geq 0.5 \text{ then } y(i, j) = 0$$

- (8) 윈도우 내의 0's와 1's의 갯수의 차가 허용범위를 만족하는가를 확인하고 만족하지 않는 경우는 상수 C를 증감시켜 단계2로 재환한다.

- (9) 위의 과정을 전체 영상에 적용한다.

최대 명암값 V와 M×N 크기의 영상 X에 대하여 Fuzzy set의 멤버쉽 함수 등급은 명암값 $V(v=0, 1, 2, \dots, v-1)$ 에 따라 밝기의 정도를 결정한다. 그러므로 영상 x는

$$X = \{b'(i, j) / x(i, j) : i=1, 2, \dots, M, j=1, 2, \dots, N\} \quad (1)$$

여기서 $b'(i, j) / x(i, j)$ 는 (i, j) 번째 화소의 처리등급이 되며, $b(i, j)$ 는 $[0, 1]$ 범위에 존재한다. 여기서 멤버쉽 함수(membership function)는 다음과 같이 정의된다.

$$b(i, j) = G(i, j) = \frac{1}{1 + X_{\max} - X(i, j)} F_d \quad (2)$$

$i=1, 2, \dots, M, j=1, 2, \dots, N$

X_{\max} = 최대 명암값

F_d = Cross point에서 $b(X_c) = 0.5$ 일 때 fuzzy constant

문턱값 T에서의 Cross point X_c 는 다음과 같이 정의된다.

$$X_c = T + 0.5 \quad (3)$$

여기에서 T는 평균명암값에 따른 처리결과에 의해서 일정하게 증감된다. fuzzy set A에서 대비 강조 연산자(Constant intensification operator : INT)는 새로운 멤버쉽 함수를 가지는 Fuzzy set $A' = INT(A)$ 를 만들며 INT 연산자는 $b(i, j)$ 를 $b'(i, j)$ 로 변환시킨다.

$$b(i, j) = 2[b(i, j)]^2 \quad 0 \leq b(i, j) \leq 0.5 \quad (4)$$

$$= [1 - 2(1 - b(i, j))]^2 \quad 0.5 \leq b(i, j) \leq 1$$

위에서 구한 $b'(i, j)$ 을 다음 조건에 따라 2진화시킨다.

$$b'(i, j) < 0.5 \Rightarrow y(i, j) = 1 \quad (5)$$

$$b'(i, j) \geq 0.5 \Rightarrow y(i, j) = 0$$

그림 1은 2진화된 영상이다.

2-2. 영상의 세선화와 복원처리

2진화된 지문영상은 특징점 추출을 위한 전단계로 세선화과정이 필요하며, 물체의 중심점을 추적하는 방법, 윤곽화소(edge pixel)를 이용하는 방법, 연결수(connectivity number), 교차수(cross number)등을 이용하는 방법등이 연구되었으나 본 연구에서는 8-연결성을 기초로 병렬

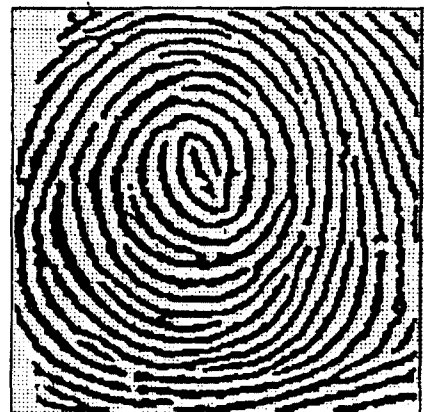


그림 1. 2진화 영상
(binary image)

성 알고리즘을 이용함으로써 하드웨어 구현에 대한 가능성을 시험하였다^(3-5, 12).

1) $2 \leq B(p1) < 7$

$A(p1)=1$ 인 경우

$$p2 * p4 * p6 = 0 \text{ and } p4 * p6 * p8 = 0$$

$A(p1)=2$

$$p2 * p4 * p6 = 1 \text{ and } p6 * p7 * p8 = 0$$

$$p4 * p6 * p8 = 0 \text{ and } p2 * p8 * p9 = 0$$

2) $2 \leq B(p1) \leq 7$

$A(p1)=1$

$$p2 * p4 * p8 = 0 \text{ and } p2 * p6 * p8 = 0$$

$A(p1)=2$

$$p2 * p8 = 1 \text{ and } p4 * p5 * p6 = 0$$

$$p6 * p8 = 1 \text{ and } p2 * p3 * p4 = 0$$

$B(p1)=p1$ 의 이웃화소에서 object화소수

$A(p1)=p2, p3, \dots, p9$, $p2$ 순으로 0-1 패턴의 수

세션화 결과 영상을 그림 4에 나타내었다.

얻어진 세션 영상은 자체의 왜곡에 의해서 간극이 발생함으로써 특징점 추출의 오류를 야기시키므로 본 연구에서는 이를 원래 영상의 명암도 분포와 세션 영상의 방향 벡터를 이용해서 복원 처리 과정을 수행하게 된다. 복원처리 과정은 단점으로 확인되는 위치에서 시작된다.

$(i-1, j-1)$	$(i-1, j)$	$(i-1, j+1)$
$(i, j-1)$	(i, j)	$(i, j+1)$
$(i+1, j-1)$	$(i+1, j)$	$(i+1, j+1)$

그림 3. 3×3 마스크
(3×3 mask)

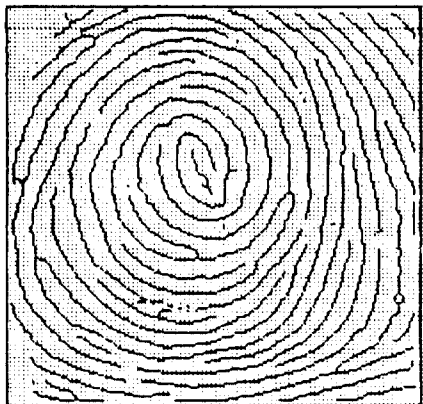
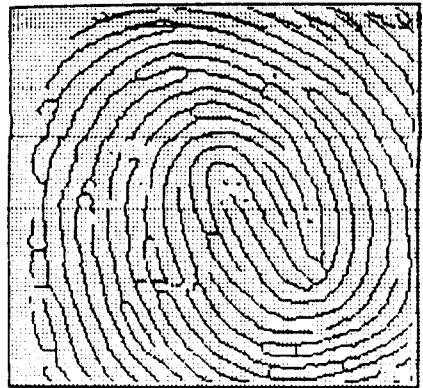
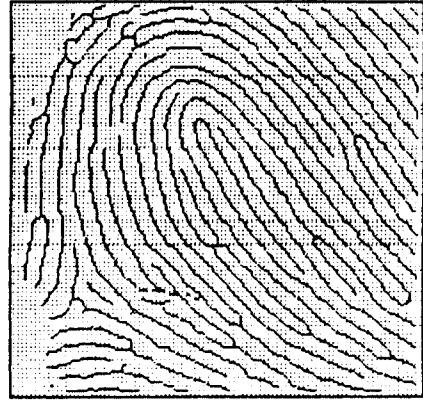


그림 4. 세션화 영상
(thinned image)

단계1) 용선 추적과정은 과거의 용선의 방향을 고려해서 행하게 됨으로 과거의 용선 방향을 산출해 낸다.
과거의 방향은 그림 5에 나타난 16양자화 방향이다.

- 단계2) 용선의 추적 과정에서
- i) 다른 용선과 만나는 경우
 - ii) 다른 용선의 끝점과 만나는 경우
 - iii) 10개 이상 추적과정에서 i), ii)의 경우가 발생되지 않는 경우 추적을 종료하게 된다.

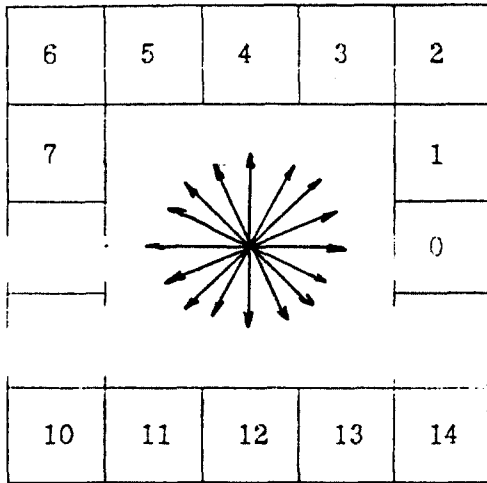


그림 5. 16양자화 방향
(16 quantization direction)

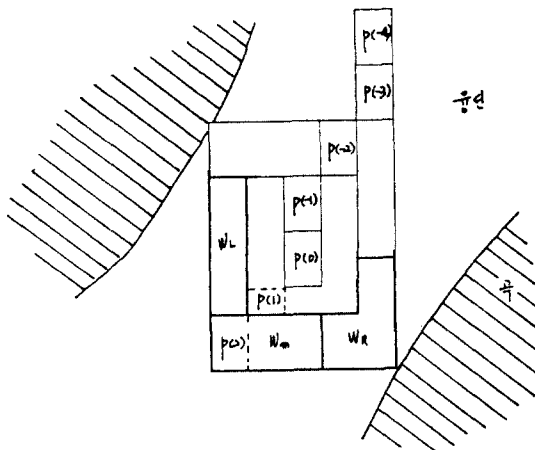


그림 6. 용선 추적의 예
(example of ridge trace)

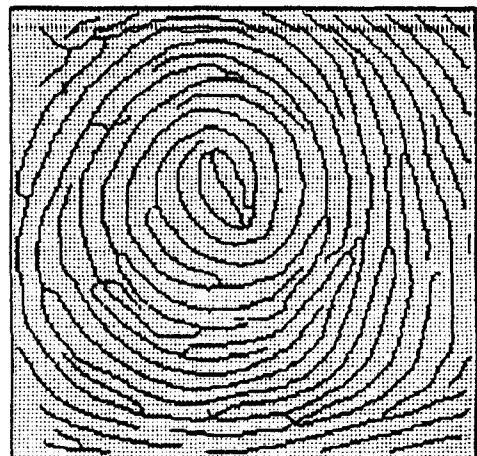
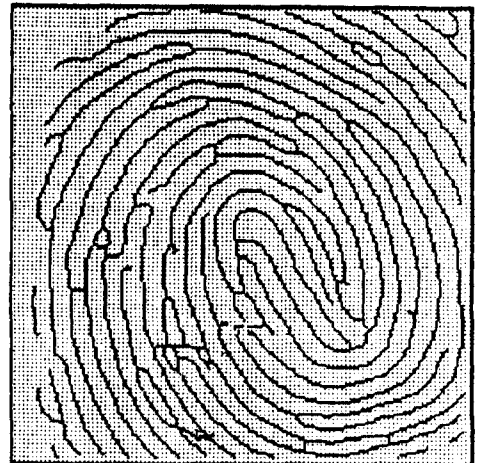
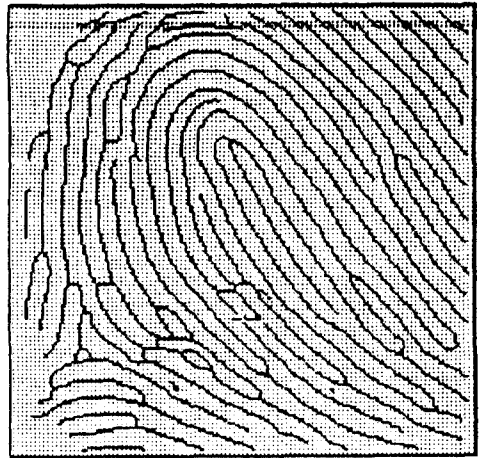


그림 7. 복원 처리 결과 영상
(image of restoration)

단계3) 그림 6과 같이 용선의 추적 방향을 중심으로 9개의 화소점을 이루는 5*5 주변창을 설정하고, 설정된 주변창의 명암값을 참조하여 추적점의 명암값과 최소가 되는 곳으로 다음 추적 개시점을 설정한다. 단계1)로 귀환한다.

여기에서 얻어진 복원 영상이 그림 7이다.

2-3. 지문 영상의 특징점 추출

지문 영상은 여러가지의 특징점을 보존하고 있다. 지문의 특징점은 지문 인식의 수단으로 매우 광범위하게 사용한다.

본 연구에서는 지문 인식의 특징점으로 단점과 분기점을 사용하기 위해서 검출하는 방법으로 교차수 (cross number)를 사용한다¹²⁾.

$$\text{연결수} = (1/2) \sum_{k=1}^8 |b_{k+1} - b_k|$$

- CN=0 : 고립점 (isolated point)
- CN=1 : 단 점 (end point)
- CN=2 : 연결점 (connected point)
- CN=3 : 분기점 (branch point)
- CN=4 : 교차점 (cross point)

복원된 세션영상에서 특징점을 검출하고 세션결과 영상으로 부터 샘플 매트릭스를 구성하여 지문 영상의 중핵점을 구하게 된다.

샘플 매트릭스는 지문 전체의 용선 흐름정보를 나타낸 것으로 세션결과 영상에 대해서 16*16의 부영역으로 분할한 후 용선의 흐름 분포를 마이크로 패턴을 적용하여 주용선 흐름 방향을 추출하고 4방향으로 부호화한다.

샘플 매트릭스로 부터 중핵점(core point)의 위치를 검출하는 알고리즘은 다음과 같다¹⁶⁾.

단계1) 지문 영상으로 부터 샘플 매트릭스를 구성하게 된다.

단계2) 샘플 매트릭스를 부호화 한다.

특징은 그림 8과 같은 4가지의 형태를 이용하게 되며 이러한 4개의 특징은 지문

용선의 흐름이 135° 이상 변화하는 부분을 검출하게 된다.

단계3) 부호화된 재 구성 영상에 대해서 135° 이상 용선이 구부러지는 부분을 검출하게 된다.

단계4) 재 구성 영상에서 3단계에 검출된 부분의 용선을 경계로 위에서 아래 방향으로 주사하면서 중심점을 포함하게 되는 후보 영역을 검출하게 된다.

단계5) 후보 영역에서 첫번째 직선 형태의 후보가 검출될 때는 이 부분이 중심점으로 정의된다.

그림 9는 샘플 매트릭스이며, 그림 10은 중심점을 포함하게 되는 후보 영역을 나타낸 것이며, 그림 11의 "C"가 중심점으로 검출된다.

III. 실험 및 고찰

본 연구에서 사용하는 실험 데이터 영상은 프리즘을 이용하여 192*192 크기의 32 명암도를 갖는 80개의 실험 데이터를 사용하였으며, IBM pc / AT 를 사용하여 실험하였다. 입력 지문 영상은 9~12의 명암도 분포를 갖는 영상으로 9를 중심으로 한 곡과, 13을 중심으로 한 용선으로 구성된 바이 모델한 형태로서, 24*24의 부분러화 하여 Fuzzy set 알고리즘을 이용하여 2진화 하였다.

Fuzzy set 알고리즘에서 상수를 검출하는 과정이 복잡하지만 비교적 양호한 상태의 2진 영상을 얻었으며, 복원 과정을 위한 세션 영상과 원래 영상의 명암값을 참조하는 과정에서 일반적으로 지문 영상의 용선 흐름은 평행하다는 성질을 이용하여 4개의 역추적과정을 통한 용선의 방향 정보의 추출, 방향정보를 기준으로 설정된 윈도 위내의 명암값을 거리함수를 이용하여 다음 추적 개시점을 설정하였다.

지문 영상 특징점 검출과 중핵점 검출은 지문 인식과정에 있어서 매우 중요한 단계이다.

지문의 특징점으로 사용하게 되는 단점, 분기점은 복원 과정을 수행함으로써 오류를 최소화

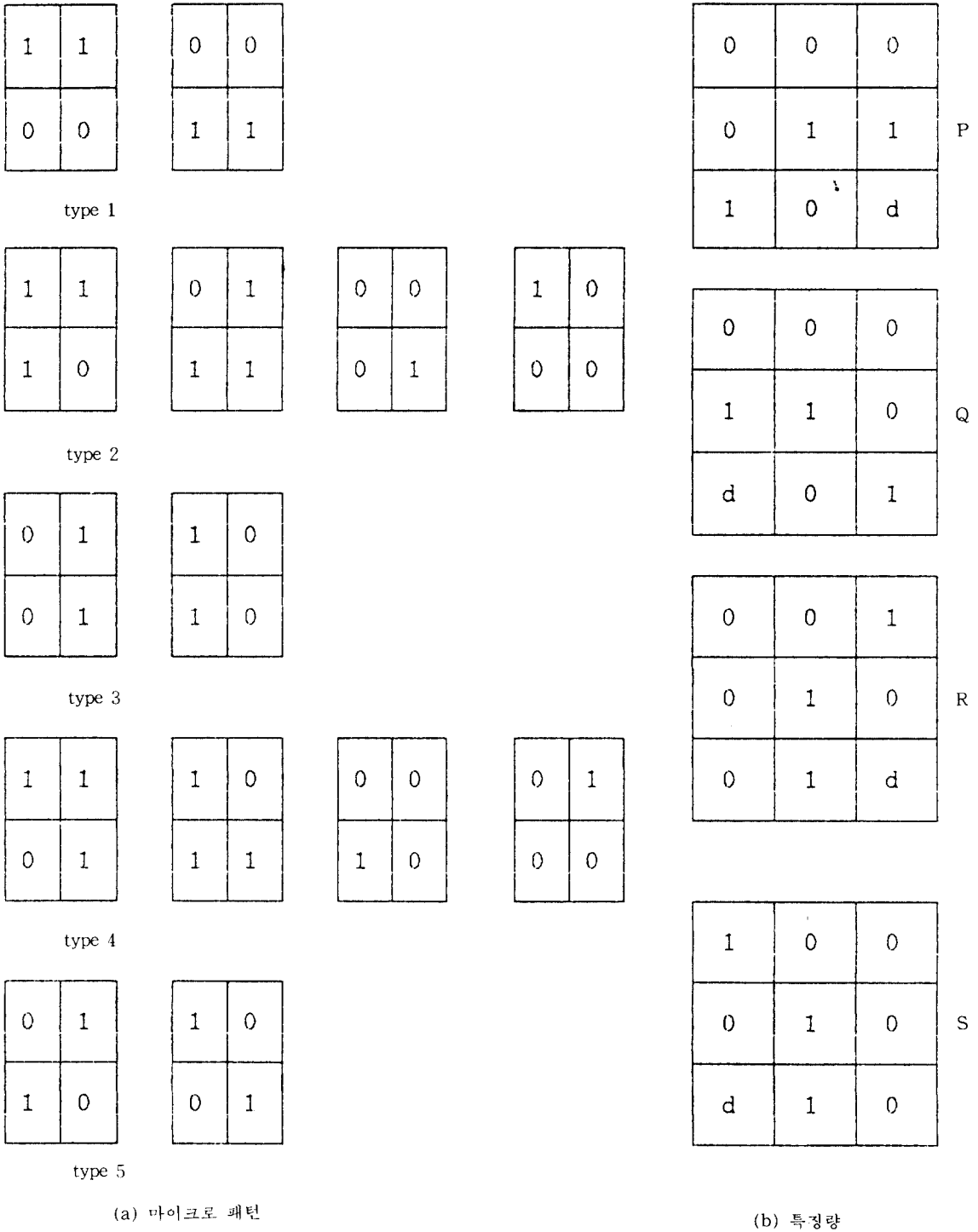


그림 8. 마이크로 패턴과 부호화를 위한 특징.
(micropattern & feature for encoding)

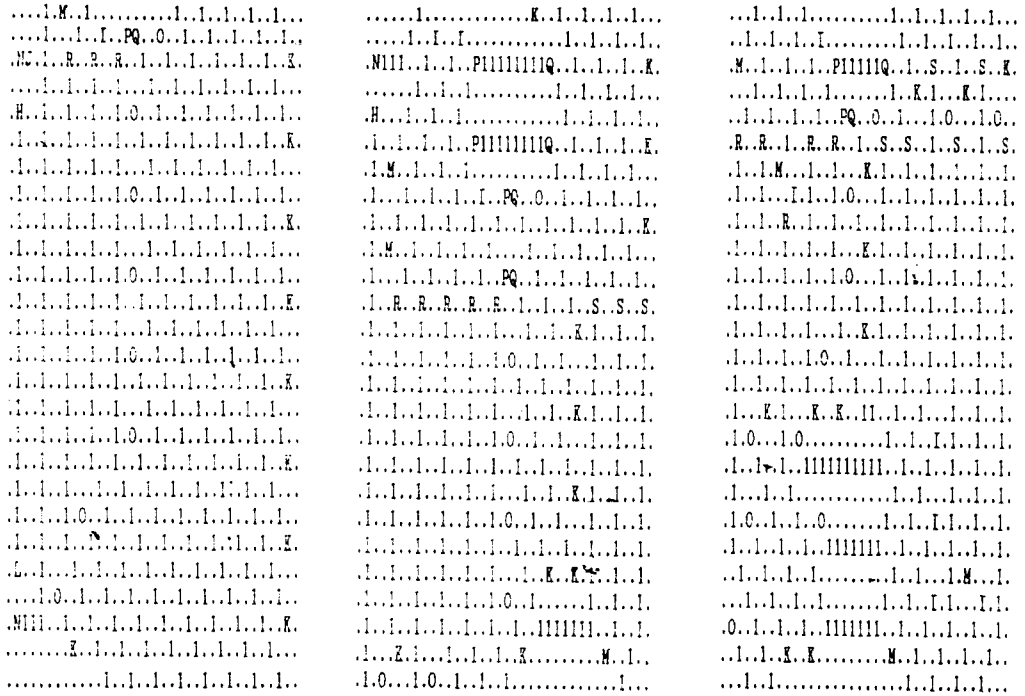


그림 9. 샘플 매트릭스 (sample matrix)

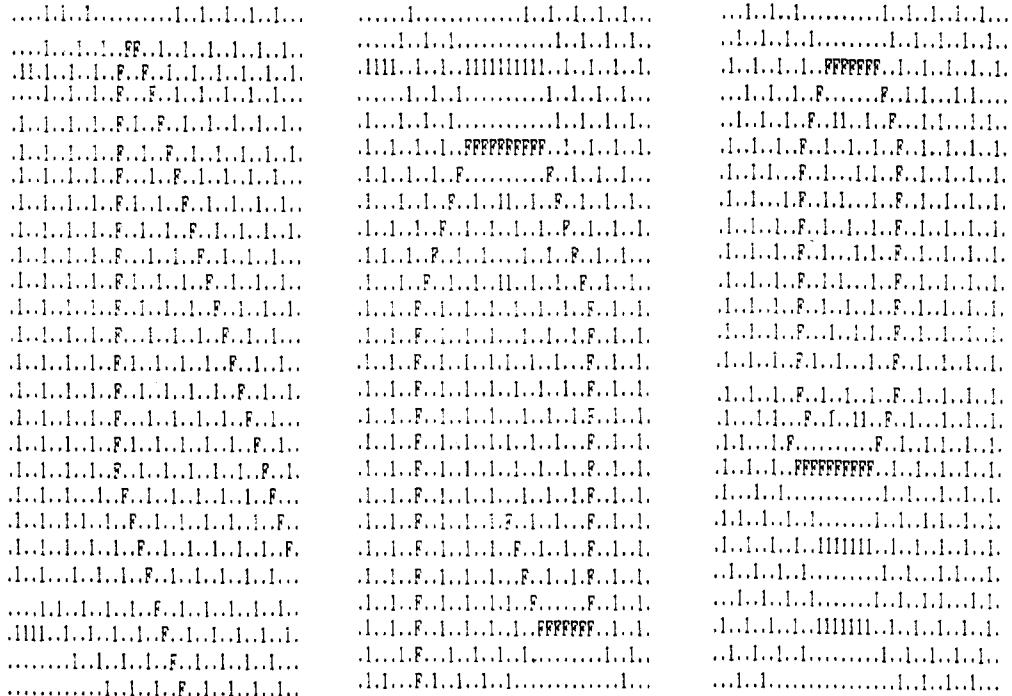


그림 10. 중심점을 포함하는 후보영역 (area of including core point)

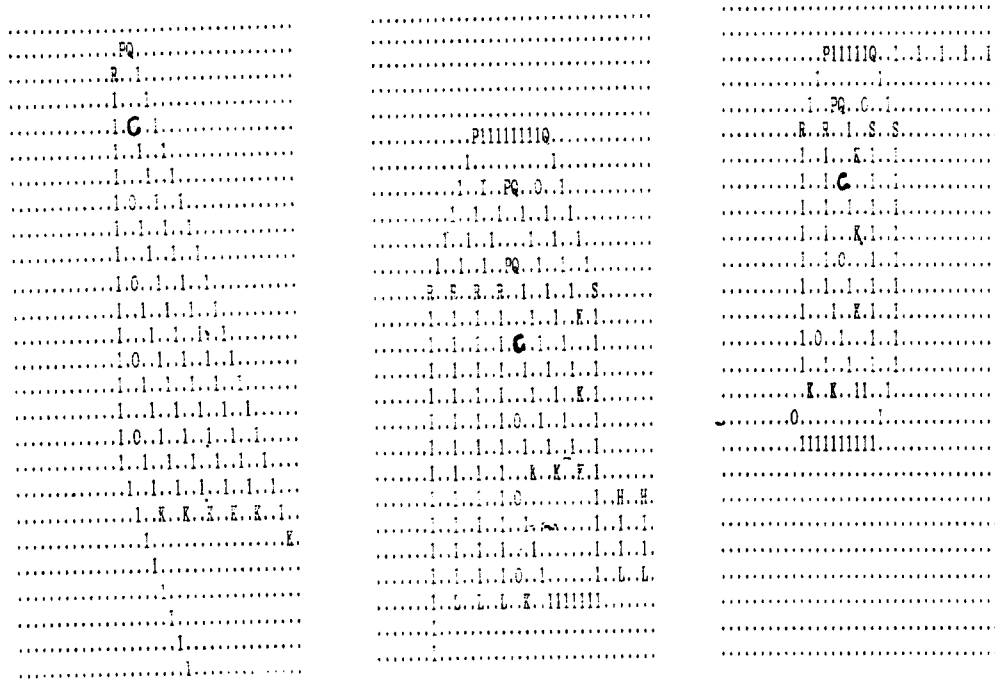


그림 11. 지문 영상의 중심점
(center point of fingerprint image)

하였으며, 지문 영상의 중핵점을 샘플 매트릭스를 이용하여 검출하여 정합 과정에서 기준점으로 이용할 수 있도록 하였다.

중심점을 포함하는 후보 영역 검출은 재 구성 영상을 활용함으로써 처리 시간을 최소화 할 수 있었다.

표 1 특징점 분포.

	복 원 전	복 원 후
단 점	135	77
분 기 점	61	68

IV. 결 론

본 논문에서는 지문 영상의 복원 처리와 특징

점 검출에 관하여 제안하였다.

일반적으로 지문 영상의 명암도 분포는 바이 모델한 형태를 취하며, 집중적으로 분포하는 성질을 갖으므로 잡음등에 대한 영향이 크다.

본 논문에서는 잡음등에 의한 지문 영상의 왜곡을 최소화하기 위해서, 전처리 과정에 있어서 2진화 방법으로 사용한 Fuzzy set 알고리즘은 원래영상을 부 영역화 하여 지문이 갖는 융선과 곡사이의 통계적인 성질에 기초한 방법으로 다른 기존의 방법과 비교해서 처리시간에 단점이 있으나, 양질의 2진 영상을 얻을 수 있다.

그러나 지문 영상의 융선과 곡 화소의 차를 20%로 하였으나, 이 값은 가변적으로 설정이 가능한 것으로 실험적으로 결정하였다.

2진화 영상을 세션화 처리 결과, 발생하는 잡음 또는 갭과 같은 왜곡을 최소화하기 위해 원래 영상의 명암값과 세션 영상의 융선 방향벡터를 고려하여 복원과정을 수행하여 고립점과 갭과 같은 에러의 요인을 제거함으로써 정합과정

과 중핵점 추출과정에서 신뢰도를 증가시킬 수 있었다.

지문영상의 중핵점을 추출하는데 복원영상에 기초한 샘플 매트릭스를 사용함으로써 처리시간이 단축되었다.

參 考 文 獻

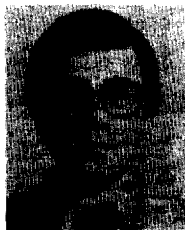
1. SANKAR K. PAL and ROBERT A KING, "Image enhancement using smoothing with fuzzy", IEEE Trans, SMC-11, No. 7, July 1981.
2. Keiji YAMADA, Michihiko MINOU, "A new bi-level representation of continuous tone images adaptive to the gray level structures in a mesh", 전자통신학회 논문지, 85/4 Vol. J68-D No. 4.
3. NABIL JEAN NACCACHE and RAJJAN SHINGHAL, "SPTA: A proposed algorithm for thinning binary patterns", IEEE Trans SMC-14, No. 3, May 1984, pp. 409~418.
4. Zhang T. Y., Suen C. Y., "A fast parallel algorithm for thinning digital pattern", COMM. ACM. Vol. 27, pp. 236~239, Mar, 1984.
5. Chen, Y. S., Hus W. H., "A modified fast parallel algorithm for thinning digital patterns", Pattern Recognition Letters 7, pp. 99~106, Feb. 1988.
6. Kazuharu YAMATO and Yutaka HATA, "Fingerprint identification system by ravine thinning", 전자정보통신학회지, 88/2 Vol. J71-D No. 2.

7. Osamu NAKAMURA, Yoshihiro NAGAOKA, Toshi MINAMI, "A restoration algorithm of fingerprint images", 전자 정보통신학회지. 85.5 Vol. J68-D No. 5.
8. K. RAO, "Feature extraction for fingerprint classification", Pattern Recognition, 1976, Vol. 8, pp. 182~192.
9. K. RAO and KENNETH BALCK, "Finding the core point in a fingerprint", IEEE Trans, computer Vol. c-27, No. 1, January 1978.
10. KO ASAI, Yukio HOSHINO and Kazuo KIJI, "Automated fingerprint identification by minutia-network feature", 전자 정보통신학회지, D-II. Vol. J-72-D-II. No. 5. pp. 724~732.
11. M. R. Verma and A. K. Majumdar, "Edge detection in fingerprints", Pattern Recognition, Vol. 20, No. 5, pp. 513~523, 1987.
12. E. S. Deutsch, "Thinning algorithm on rectangular, hexagonal, and triangular arrays", ACM, Vol. 15, No. 9, pp. 827~837, 1982.

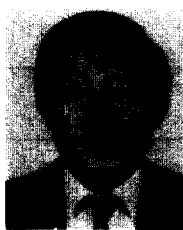
부 록

〈중심점을 포함하는 문자열〉

RPQ, QPR
RPQS, SQPR
PQS, SQP



韓百龍(Baek Yung HAN) 正會員
1954年5月16日生
• 仁荷大學校 電子工學科 卒業
• 慶熙大學校 電子科 大學院(碩士)
• 慶熙大學校 電子科 大學院(博士修了)



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州立大學院(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: 慶熙大學校工科學電子工學科 助教授
1977年3月: 慶熙大學校工科學電子工學科 講教授

1982年3月~現在: 慶熙大學校工科學電子工學科 教授
1988年1月~現在: 本學會理事
1990年2月: 慶熙大學校 産業情報大學院 院長