

퍼지 추론을 사용한 지문영상의 후처리

강금부, 최재호

충북대학교 전기공학과

A Fingerprint postprocessing using Fuzzy Refining

Kang Keum Boo , Choi Jae Ho

Chung-Buk University, Electrical Engineering

Abstract

In this paper, the procedure of the development of algorithm for effective enhancement of the fingerprint image using fuzzy logic is proposed. As this approach, we can use this algorithm regardless of not only different conditions of noise but also the variation of image scale. The proposed algorithm dose not require redesign of the mask size and coefficient values that is related to postprocessing of the image. Our fuzzy logic uses quantitative relationships between ridges to provide the best result. We can yield the best result with postprocessing using statistical method after finishing of rough thinning using fuzzy logic.

1. 서론

지문이란 인간의 손가락 끝에 존재하는 ridge의 흐름들을 말한다.

지문영상은 valley에 의해 구별되는 ridge를 포함하고 약간의 끊어진 점들과 가지, 그리고 루우프들을 포함하기도 한다. 이러한 Ridge들을 이용하여 지문영상을 쉽게 확인할 수 있다는 것은 오래 전부터 연구되어져 왔다[1-6,9-12]. 우리는 이미 알고 있는 지문의 이러한 특성들의 관계를 비교함으로써 지문인식의 결과를 도출할 수 있다.

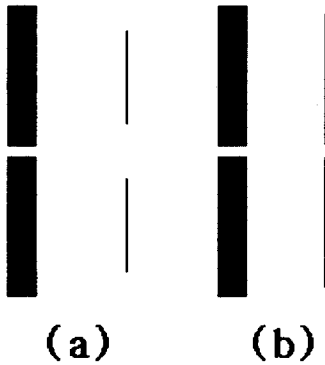
지문의 확인을 위해 사용되어지는 특징 또는 형태들을 minutiae라 부르는데 그것들은 일반적인 ridge의 흐름에 방해되거나 거역되는 것들으로써 ridge endings, dots, short ridges, bifurcations과 같은 것들로 구분된다. Minutiae와 그것들의 위치는 신분을 확인하기 위

한 가장 믿을 수 있는 방법이다. 각 지문에서의 패턴들은 100여개 이상이 존재하지만 단지 12개정도만 있으면 효과적으로 지문인식을 통하여 각자의 신분을 확인할 수 있다[12].

일반적으로 지문영상은 많은 잘못된 minutiae를 포함하고 있다. 그것들은 대개 지문을 획득하는 과정에서 손가락의 끝에 가해진 압력 또는 많은 양의 잉크의 번짐에 의해 발생된다. 잘못된 minutiae의 수는 에지(ie. ridge) 추출 과정에서 대개 증가하게 된다. 이러한 노이즈에도 불구하고 인간은 영상에서 약간의 단서가 있다면 이를 추론함으로써 쉽게 확인하며, 지문을 분석할 수 있다. 하지만, breaks ridge, ridge사이의 bridge, bur, 그 밖의 것들과 같은 다양한 노이즈 때문에 발생한 잘못된 패턴들로 인하여 컴퓨터 시스템에서 지문을 인식하기는 쉽지 않다.

지문의 패턴인식과정에서의 발생하는 공통적인 문

제점은 어떻게 ridge의 끊어짐 또는 잘못 연결된 것을 감소시키는가 하는 것이다. 잘못된 많은 minutiae는 세선화 과정에서 저역필터를 통하여 제거되어질 수 있다[7,9]. 지문은 다양한 ridge들로 구성되어 있으므로, 지문을 확인하기 위한 성능과 속도는 어떻게 정교하게 에지를 도출하고 잘못된 ridge를 정렬하거나 감소시키며 세선화 하는가에 달려있다.



(a) Common method (b) Proposal method
Fig. 1. Thinning method

그림 1에서는 세선화 방법에 대하여 (a)에서는 일반적인 방법을 (b)에서는 제안된 방법에 대하여 보여주고 있다. 그림(a)에서 보는 것과 같이 일반적인 세선화 방법은 영상의 경계부분부터 연결이 유지되는 동안 부식시켜 나감으로써 endpoint의 거리가 원래의 거리보다 더욱 벌어지게 되어 더 많은 에러를 발생하게 하고 패턴인식시 문제점으로 작용한다.

본 논문에서 퍼지 추론을 사용하여 지문 영상의 효과적으로 개선하는 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 알고리즘은 마스크의 크기나 계수값의 새로운 설계를 필요로 하지 않고도 최적의 결과를 도출하기 위해 ridge 사이의 양적인 관계를 추출하여 퍼지추론을 사용하여 적용시켰다. 본 논문에서 제안된 알고리즘을 사용하여 세선화한 방법을 그림 (b)에서 보여주고 있다. 기존 방식의 문제점을 연결성이 유지되는 동안 같은 방향으로 퍼지토직을 사용하여 세선화 시키므로 이러한 문제점을 해결할 수 있었다.

II. 후처리 : 세선화

많은 에지 발견과 세선화 알고리즘은 지난 20년간 에지 개선과 이진화와 같이 표준적인 영상처리방법으로 사용되는 알고리즘으로 간단한 것부터 oriented 필터링과 같은 복잡한 것까지의 많은 방법들이 소개되었다. 논문으로 발표된 대부분의 세선화 알고리즘들은 연결성이 유지되는 동안 물체의 경계를 계속해서 축소시켜 나가는 방식이다. 그러나 이러한 방식은 잘못된 minutiae가 세선화된 결과로 새롭게 나타나게 된다. 잘못된 ridge ending, bifurcation, burs들은 불규칙적으로 연결된 부분에서 특히 많이 생성되는데 이것은 인식과정에서 중요한 문제점으로 부각되어진다. 본 논문에서 제안된 세선화 알고리즘은 정교한 세선화 뿐만 아니라 잘못된 minutiae도 제거할 수 있다.

본 논문에 적용된 기준은 다음과 같다. 첫째, ridge와 valley사이의 대조를 증가시켜 ridge의 중앙부분을 양옆보다 높은 가중치를 가지도록 하고 valley는 양옆보다 높은 negative 가중치를 줌으로써 세선화의 효과를 증가시킬 수 있다. 둘째, 영상은 ridge를 따라 같은 방향으로 개선시켜 나감으로써 잘못 연결되는 문제를 해결할 수 있다. 셋째, 윈도우의 크기는 적어도 하나의 ridge와 valley를 포함하는 크기가 되도록 함으로써 burs의 평균보다 가능한 더 크도록 한다. 마지막으로, 필터 마스크는 그것의 좌표축에 수직이 되도록 설정한다.

다음 단계로 ridge 방향의 결정과 퍼지 추론에 기인한 세선화를 위하여 다음과 같이 수행하였다. 첫째로, ridge 방향은 방향 영상을 생성하기 위해 영상의 각 픽셀마다 측정하고 불확실한 측정값은 방향 영상에 그 픽셀을 모니터 한다. 또한 영상의 각 픽셀마다 편차 값을 계산하여 영상에서 불확실한 방향을 결정하고 퍼지추론을 사용하는데 사용한다. 퍼지추론은 불확실한 측정값이 있을 때 그 방향을 찾기 위해 지문 영상에 적용되어 지며 이것을 몇 번 반복 수행하면 ridge들은 세선화 되어지고 잘못된 minutiae는 제거되어진다.

$(i, j)^{th}$ 번째 픽셀에서의 ridge의 방향 또는 방위 θ 는 $d_k(i, j)$ 를 따라가며 더한 최소값 방향 k 로 정의된다. Valley를 가장 큰 그레이 레벨 값으로 가정하면,

$f(i, j)$ 와 $f(i_s^k, j_s^k)$ 는 각각 방향 k 에서의 픽셀 (i, j) 와 그것의 s^{th} extrapolation을 나타낸다.

$$d_k(i, j) = \sum_s |f(i_s^k, j_s^k) - f(i, j)| \quad (1)$$

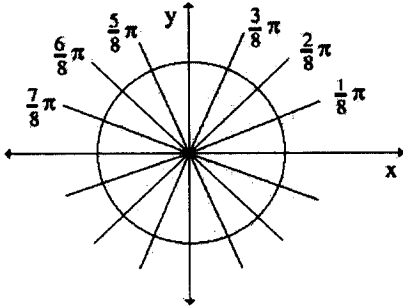


Fig 2. Directional Computation

$d_k(i, j)$ 는 방향 k 에 관한 그레이 스케일의 변화량을 나타내는 것으로 정의한다. $d_k(i, j)$ 는 직교방향에서 가장 크고 ridge의 방향에서 가장 작은 값을 가진다. 가장 작은 $d_k(i, j)$ 을 $d(i, j)$ 라 놓는다. 논문에서 8 방향은 그림 2에 보이는 것과 같으며, π 를 주기로 순환한다. 방향의 편차, $V(\theta)$ 는 다음의 수식을 사용하여 계산된다.

$$V(\theta) = \frac{\sum_{k=0}^7 (m \frac{\pi}{8} - \theta)^2 d_k}{\sum_{k=0}^7 d_k} \quad (2)$$

편차는 불확실한 부분적인 방향의 측정을 위해 사용되며 만일 편차가 매우 크다면, 그 지역은 ridge의 방향과 같은 의미 있는 중요한 방향이 아니므로 이 지역은 배경에 포함하고 만약 이 지역에서는 bifurcation 이나 loop와 같은 minutiae가 있을 수도 있으므로 이 영역을 주의하기 위해 flag를 설정 저장한다.

방향 영상이 획득되어 졌다면, ridge는 도출되어지

고, 영상은 퍼지 추론에 의해 세선화 되어진다. 픽셀의 그레이 레벨 값은 $d(i, j)$ 의 크기에 따라 적당한 등급으로 증감된다. 예를 들어 픽셀이 ridge위에 존재한다면, 그레이 레벨 값은 감소되어 지고 valley위에 픽셀이 존재한다면, 그레이 레벨은 증가되어질 것이다.

만일 픽셀이 ridge의 양 옆쪽에 존재한다면, 두 가지의 경우가 고려되어질 수 있다. 높은 밝기를 가지고 있는 픽셀이라면 valley의 부분으로 간주하여 밝기를 증가시키는데, valley위에 있는 픽셀보다는 많지 않게 한다. 반대로 밝기가 낮다면, 그 픽셀은 양 옆쪽에 위치하더라도 ridge위에 있는 것으로 간주하여 그레이 레벨을 감소시킨다. 따라서 8개의 기본 퍼지 규칙을 만들어 local ridge에 수직으로 적용하였다. 8개의 기본 규칙은 아래와 같다.

- IF gray level is

H	H	H
---	---	---

,
- THEN change the intensity as

H	H	H
---	---	---
- IF gray level is

H	H	L
---	---	---

,
- THEN change the intensity as

H	H	M
---	---	---
- IF gray level is

H	M	L
---	---	---

,
- THEN change the intensity as

H	H	L
---	---	---
- IF gray level is

H	L	L
---	---	---

,
- THEN change the intensity as

H	L	L
---	---	---
- IF gray level is

L	L	L
---	---	---

,
- THEN change the intensity as

L	L	L
---	---	---
- IF gray level is

L	L	H
---	---	---

,
- THEN change the intensity as

L	H	H
---	---	---
- IF gray level is

H	M	H
---	---	---

,
- THEN change the intensity as

H	L	H
---	---	---
- IF gray level is

H	L	H
---	---	---

,
- THEN change the intensity as

H	L	H
---	---	---

H와 L은 각각의 valley와 ridge의 높거나 낮은 그래디언트 값을 나타내고 M은 미정의 픽셀의 medium 값을 나타낸다. 몇 번의 반복수행 후에, 세션화 되어진 깨끗한 이진화된 영상을 얻을 수 있다.

III. 후 처리 : Minutiae 정련

앞전에서 설명한 한 픽셀너비의 지문 ridge의 퍼지 추론을 사용한 세션화 알고리즘을 사용하더라도 깨어진 에지와 잘못된 endpoints, bridge, triangle, ladder 등과 같은 잘못된 minutiae가 전 처리한 영상에 여전히 존재하게 된다.

그림 3은 일반적으로 지문영상에 나타나는 잘못된 minutia 구조를 보여주고 있다. 그림 3. (a)와 (b)는 깨어진 에지 때문에 발생한 잘못된 end points를 나타내고 (c)는 단선 또는 잘못 연결된 에지 때문에 발생한 fork 구조를 나타낸다. Misconnection 구조는 그림 3. (d),(e)에 나타난다. 그림 3. (f)는 non-smooth ridge로 인한 잘못된 bur 구조를 나타낸다. burs와 end point는 대부분 세션화과정에서 새로이 발생된 잘못된 minutia이다.

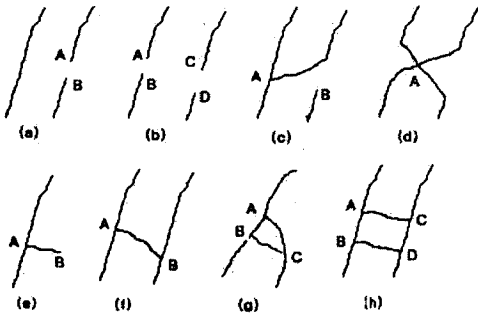


Fig 3. False Minutiae

우리는 각 minutiae주위에서 나타난 지문의 ridge를 통계적으로 조사한 결과 Bifurcation과 ladder와 같은 구조가 $V(\theta)$ 가 높은 부분에서 쉽게 발견됨을 알 수 있었다. 따라서 지문 ridge의 속성들을 통계적인 정보를 사용하여 표현함으로써 이런 속성 표현에 기인하여, 잘못된 minutiae 구조가 세워지고, 처리될 수 있

다. 다른 방법들과는 달리, 제안된 방법은 전체 minutiae 구조에서 분석되어 짐으로써 인간이 지문 패턴을 분석하는 것과 유사한 방법이 된다.

구조적인 정보에 관한 이러한 패턴들은 표현함에 있어 구조적인 접근 또는 구문론적 접근방법을 사용시에 이점을 줄 수 있다. 또한 통계적인 접근방법은 특징벡터에 의해 쉽게 표현됨으로 이러한 패턴들에 적용하기 알맞다. 구조적인 정보에 의해 표현된 패턴들은 분석이 유용하고, 이것은 표현을 위한 구조적, 구문론 적인 접근방법을 사용하는데 많은 이점이 있다. 통계적인 접근 방법은 이렇게 특징 벡터로 쉽게 표현되어질 수 있는 패턴들에 알맞게 된다. 지문 패턴들은 이러한 두 개의 통계적이고 구문론 적인 경우를 모두 포함하고 있어 지문 패턴들은 이러한 두 가지 경우를 모두 적용할 수 있으므로, 우리는 문제의 해결을 위해 두 가지 방법을 결합한 형태의 알고리즘을 개발 하였다. 이 방법은 Xiao et al.[1]에 의해 소개된 알고리즘과 유사하다.

첫째로 minutia의 위치를 결정한다. f_0 는 픽셀 값이 $f(0)$ 으로 관련된 픽셀로 가정한다. f_k 는 시계방향으로 이웃되는 픽셀의 위치를 표시하는 k ($k=1, 2, \dots, 8$)에서 $f(k)$ 의 이웃되는 픽셀 값을 표현한다. 다음 식을 살펴보자. $f(9) = f(1)$ 이다.

$$C = \sum_{k=1}^8 |f(k+1) - f(k)| \quad (3)$$

End point에서 C는 2이고 bifurcation에서는 6의 값을 가진다. minutia는 C가 2 또는 6의 값을 가지는 f_0 에서 발견된다. 대부분의 minutia는 $V(\theta)$ 가 높은 지역에서 쉽게 발견된다. 참 또는 거짓인 minutia는 간단한 물로 쉽게 확인할 수 있다. 참인 끝점은 그림 3. (a)(b)에 보이는 것과 같이 다른 어떤 end point, bifurcation과 마주 보지 않는다.

참인 bifurcation은 그림 3. (d)(e)와 같이 다른 bifurcation과 연결되지 않으며, 또한 그림 3. (c)(f)와 같이 다른 끝점과 연결되지 않는다. 전체 지문영상에서 이러한 구조를 확인한 후, 거짓인 minutia는 추론 과정에서 제거되어지고, 참인 minutia는 이 과정에서 제거되어지지 않는다.

IV. 실험

본 논문의 알고리즘은 PC 상에서 프로그래밍 하여, 다양한 크기의 여러 가지 지문 영상에 적용하였다. 그림 4에서와 같이 다양한 너비의 불규칙한 ridge들을 볼 수 있다.

그림5 와 6은 ridge의 방향, θ 와 편차 $V(\theta)$ 에 관한 영상을 보이고 있다. 편차는 지역적인 방향의 불확실한 측정값으로 실행한다.

지문영상은 제안된 알고리즘을 사용하여 처리되었으며, 그림 6은 세션화된 영상 결과를 보여주고 있다. 보는 바와 같이 모든 ridge들은 한 픽셀 크기로 세션화 되었다.



Fig. 4. Original Image



Fig.6(a) High Variance Image



Fig 5. Directional Image



Fig.6(b) Low Variance Image

마지막으로, 세션화된 영상은 잘못된 minutiae를 제거하기 위해 후처리되었으며, 그림 7은 결과를 보여준다. 실험결과는 본 논문에서 제안한 퍼지 추론을 사용한 알고리즘이 훌륭하게 수행되고 있음을 보여준다.



Fig. 7 Coarse Thinning Image



Fig 8. Result Image

V. 결 론

이 논문에서 새로운 알고리즘은 퍼지 추론을 사용하여 효과적으로 지문영상을 개선하기 위해 소개되었다. 우리의 접근방법은 다른 크기의 영상이나 스케일에 상관없이 수행된다. 잡음의 상태나 영상의 스케일이 다른 조건하에서도 아무 이상 없이 수행된다. Ridge는 영상에서 같은 방향을 따라 개선시키는 동안 세션화 되어진다. 잘못된 minutia의 문제 또한 해결되었다.

참 고 문 헌

1. Qinghan Xian and Hazem Raafat, "Fingerprint image postprocessing: A combined statistical and structural approach", Pattern Recognition, Vol. 24, No. 10, pp. 985-992, 1991.
2. B. Moayer and K. S. Fu, "A syntactic approach to fingerprint pattern recognition", Pattern Recognition, Pergamon Press, Vol. 7, pp. 1-23, 1975.
3. B. M. Mehre, N. N. Murthy, S. Kapoor, "Segmentation of Fingerprint images using the directional image", Pattern Recognition, Vol. 20, No. 4, pp. 429-435, 1987.
4. Lawrence O'Gorman and Jeffrey V. Nickerson, "An approach to fingerprint filter design", Pattern Recognition, Vol. 22, No. 1, pp. 29-38, 1989.
5. M. Ann Piech, "Comments on fingerprints of two-dimensional edge models", Computer vision, graphics, and image processing, Vol. 42, pp. 381-386, 1988
6. Masahiro Kawagoe and Akio Tojo,

- "Fingerprint pattern classification", Pattern Recognition, Vol 17, No. 3, pp. 295-303, 1984.
7. B. M. Mehtre and B. Chaterjee, "Segmentation of fingerprint images- A composite method", Pattern Recognition, Vol. 22, No. 4, pp. 381-385, 1989.
 8. John M. Gauch, and Stephen M. Pizer, "Multiresolution analysis of ridges and valleys in grey-scale images", IEEE trans. on pattern analysis and machine intelligence, Vol. 15, No. 6, June. 1993.
 9. Kameswara Rao and Kenneth Balck, "Type classification of fingerprints : A syntatic approach", IEEE trans. on pattern analysis and machine intelligence, Vol. PAMI-2, No. 3, May. 1980.
 10. Bijan Moayer and King-Sun Fu, "A Tree System Approach for fingerprint pattern recognition", IEEE trans. on pattern analysis and machine intelligence, Vol. PAMI-8, No. 3, MAY, 1986.
 11. D. K. Isenor and S. G. Zaky, "Fingerprint identification using graph matching", Pattern Recognition, Vol. 19, No. 2, pp. 113-122, 1986.
 12. Babu M. Mehtre and Anil K. Jain, "Automatic classification of fingerprint images", MVA'90, IAPR workshop on Machin Vision Application, pp. 28-30, Nov. Tokyo, 1990.
 13. Masahiro Takeda, Satoshi Uchida, Kenichi Hiramatsu, Tokumi Matsunami, "Finger Image Identification Method for Personal Verification" IEEE 1990
 14. Kenneth H. Fielding, Josph L. Horner, Charles K. Makekau "Optical fingerprint identification by binary joint transform correlation", Optical Engineering, Vol. 30, No. 12, Dec. , 1991
 15. Seigo Igaki, Shin Eguchi, Fumio Yamagishi, Hiroyuki Ikeda, Takefumi Inagaki "Real-time fingerprint sensor using a hologram", Applied Optics, Vol. 31, No.11/10, April, 1992
 16. Nalini K. Ratha, Kalle Karu, Shaoyun Chen, Anil K. Jain, "A Real-Time Matching System for Large Fingerprint Databases", IEEE Trans. on pattern analysis and machine intelligence, Vol. 18, No. 8, AUGUST, 1996