

지문 인식을 위한 지문의 방향 정보와 특이점 추출에 의한 직교좌표 생성

정회원 신미영*, 김성락**

The direction information of fingerprint for fingerprint recognition and the creation of orthogonal coordinate by a singular point extraction

Mi-Yeong Shin*, Sung-Nak Kim** *Regular Members*

요 약

이 논문에서는 지문 인식을 위한 처리 과정에서 융선의 방향 정보를 획득하는 새로운 방법을 제안하였고, 제안된 방법으로 획득한 방향 정보를 이용하여 지문 인식 시 기준 축으로 사용할 수 있는 특이점을 추출하였으며, 추출된 특이점을 중심으로 하는 직교좌표를 생성하였다. 이진화 된 지문영상에서 세공을 제거하기 위해 팽창 연산을 사용하였고, 방향 정보를 추출하기 위해 이진 지문 영상을 세선화 하였으며 융선 흐름을 유지하기 위해 병렬 처리 방법을 사용하였다. 세선화 된 정보를 이용하여 방향을 추출하는 방법을 제시하였다. 세선화 된 영상에서 융선에 해당하는 각 픽셀단위로 4개 방향 성분을 계산하고 픽셀을 중심으로 주변 픽셀의 계산된 방향 성분을 이용하여 방향 평활화 작업을 수행하였다. 8×8 픽셀 크기의 32×32 블록에 대하여 블록내의 각 픽셀이 가지는 방향 값 중 가장 많은 것을 선택하여 블록의 대표 방향을 획득하였다. 추출된 각 블록의 대표 방향 정보를 이용하여 지문 인식 시 중심 좌표로 사용할 수 있는 특이점을 검출하는 방법을 제시하였고, 추출된 특이점을 중심으로 하는 직교좌표를 생성하였다.

ABSTRACT

This paper proposed a new method which obtained the direction information of ridge in processing for fingerprint recognition, and extracted singular which could be used as the central axis when fingerprints were recognized. I also used a direction information obtained by a proposed method, and created orthogonal coordinate with a obtained feature point in the center.

We used dilation to remove hole in binarized fingerprint image, and thinned binarization fingerprints image to extract a direction information. Also We used parallel processing method to maintain flow of ridges.

We represented a method to extract directions by using thinned informations. in the thinned images. We accomplished direction smoothing by using direction components calculated around pixels with pixels in the center for a block of the size 32×32 of the size of 8×8 pixels. We chose the most value among direction values which each pixels had, and obtained the representative direction of blocks.

We used the representative direction information of extracted blocks, and represented a method to extract a feature point which could be used as center coordinate when fingerprints were recognized, and created orthogonal coordinate with a extracted feature point in the center.

* 관동대학교 컴퓨터공학과 박사과정 (ireong@chollian.net)

** 관동대학교 컴퓨터공학과 교수 (snkim@mail.kwandong.ac.kr)

논문번호: T00034-0829, 접수일자: 2000년 8월 29일

I. 서론

사회 구조가 복잡해짐에 따라 고 부가가치의 정보를 다루는 시스템의 필요성이 증가하게 되었고 시스템 운용에 있어 정보의 기밀 유지 및 개인을 증명할 수 있는 방법이 중요한 문제로 대두되었다.

인간의 생체학적인 정보를 이용한 개인 인식 및 검증은 비밀 번호나 열쇠 같은 도구들처럼 분실될 우려가 없고 개인마다 독특한 특성을 가짐으로 보안 및 인식분야에서 많이 활용되고 있다.

신체의 생체학적인 정보를 이용한 방법 중 각 지문은 모양은 개개인마다 서로 다르고 태어날 때의 모습 그대로 평생 변하지 않는다는 것이 증명되어 실생활에 사용되어져 왔다. 지문의 고유한 특성은 식별 성능에 대한 신뢰도와 안정도가 홍채 인식, 음성 인식, 얼굴 인식의 수단보다 높은 것으로 평가되어 가장 효율적인 개인 인증 방법으로 이용되고 있다.

지문 인식 기법은 기존의 영상처리에서와는 달리 여러 가지 문제점을 포함하고 있다. 지문에는 기준 좌표축이 존재하지 않으므로 회전되어 채취된 지문에 대한 처리가 어려우며, 지문은 신체의 일부로서 유연성을 가지고 있어 채취될 때마다 그 모양이 달라 보이고, 지문이 손상될 수 있어 저 품질의 지문이 빈번히 발생할 수 있다^[1-2].

해결책으로 기존의 연구에서는 개인별 특징을 추출하기 위해 크게 세션화나 주파수 공간에서의 Fourier 및 Wavelet 변환, 또는 신경 회로망이나 퍼지 논리 등을 사용해 왔으며, 최근 특징적인 방법으로 체인 코드(chain code)나 융선 추적 등이 사용된 바 있다. 사용된 방법 중 상용화 된 FFT 기반 지문 인식 시스템은 실시간 처리에 있어 좋은 성능과 인식률이 보장되었지만, 알고리즘의 특성상 주파수 공간에서 운용으로 인해 단점이나 분기점의 정확한 위치와 방향을 찾아내기에는 적당하지 않다^[3-8].

지문인식 과정 중에서 지문영상에 존재하는 특이점은 지문의 유형을 분류하거나 인식을 위해, 방향 성분은 융선 흐름 패턴에 의존한 지문 분류와 특이점을 추출하는데 중요하다. 특이점은 코어(core), 델타(delta) 점을 말하며 이들의 수에 의해 지문 유형이 분류될 수 있고 이런 점들이 인식을 위한 등록점(registration point)의 역할을 하므로 이들을 정확히 찾는 것이 매우 중요하다^[9-10].

Kawagoe 등은 Poincare 지수를 이용하여 특이점

을 찾았으며 후에 karu 등이 Poincare 지수에 의해 검출된 특이점 중에서 거짓 특이점을 제거하기 위하여 방향성 영상의 평활화를 반복적으로 수행하여 특이점을 추출하였다. 방향성분은 소벨과 고속 푸리에 변환 방법 등을 사용하였다^[6]. 소벨을 이용한 방법은 소벨 마스크의 복잡한 처리 과정과 대표 방향 성분을 추출하고자 할 때 화소별로 단위벡터를 만들어 누적시킬 경우 낮은 대비영상이나 높은 대비영상이나 같은 값이 나오므로 기울기 크기를 누적할 수 없어 대표방향을 설정하기 어렵고, 푸리에 변환을 이용한 방법은 융선이 정확한 방향 특성을 가지는 경우에만 방향성 추출이 가능하며 별도의 방향 필터를 사용해야 한다.

이 논문에서는 기존의 방향성분 추출방법이 가지는 단점을 해결하고 기준 축 설정에 사용될 수 있는 특이점을 추출하는 방법을 제시하였다. 제안된 방법으로 획득한 특이점을 중심점으로 하는 직교좌표를 생성하였으며 다음과 같은 과정으로 수행되었다.

첫째, 지문 영상의 전처리 과정에서 이진화를 수행한 후 존재하는 세공을 제거하기 위해 팽창방법을 적용하여 평활화 된 이진영상을 획득할 수 있었으며, 계산량을 줄이고 방향성분을 추출하기 위해 이진화 된 지문 영상을 세션화 하였다. 순차적 세션화를 적용할 경우 융선의 연결성이 유지되지 못하는 경우가 발생하여 병렬 세션화 방법을 사용함으로써 융선의 자연스런 흐름을 보존하는 결과를 얻을 수 있었다.

둘째, 기존의 방향성분 추출 방법 중 소벨과 고속 푸리에 변환 방법이 가지는 문제점을 해결하기 위하여 세션화 된 지문 영상에서 픽셀단위로 방향성분을 추출함으로써 지문 영상의 대비도에 영향을 받았던 소벨의 문제점을 해결하였고 중심 픽셀에 대한 주변 8개 픽셀의 방향 정보를 이용하여 픽셀단위의 방향 평활화 작업을 수행하였다. 8×8 픽셀 크기의 32×32 각 블록에 대하여 블록 내에 존재하는 픽셀이 가지는 방향성분 중 가장 많은 방향 성분을 융선의 대표방향으로 결정함으로써 푸리에 변환에서처럼 방향 필터가 필요 없으며, 융선이 수평과 수직 등의 정확한 방향 특성을 가지지 않아도 방향을 획득할 수 있었다.

셋째, 획득한 융선의 대표 방향성분을 이용하여 지문 인식을 위한 좌표를 형성할 때 기준좌표로 사용할 수 있는 특이점을 추출하는 방법을 제안하였다.

각 블록의 주변 8개 블록의 방향성분을 탐색하여 4가지의 서로 다른 방향성분이 존재하면 1차 특이

점 영역으로 설정한다. 설정된 1차 특이점 영역에서 상하, 좌우 블록의 방향이 각각 틀리면 2차 특이점 영역으로 한다. 특이점은 지문 영상의 외곽에는 존재하지 않으며 중심부분에 존재한다는 성질을 이용하여 지문 영상의 외곽으로부터 존재하는 특이점 2차 영역들을 하나씩 제거하여 1개의 블록이 남게되면 특이점 영역으로 선택한다.

넷째, 이 논문에서 제안된 방법으로 추출한 특이점과 특이점 추출 시 획득한 제2특이점 두 점을 연결하는 직교좌표를 생성하였다.

II. 지문 영상의 전처리

1. 지문 영상의 전처리

입력 장치를 통하여 컴퓨터에 입력된 지문 영상은 많은 잡음을 가지고 있으며 잡음은 데이터의 양이 상당히 많은 농담 영상이므로 원하는 특징점을 찾기가 힘들다. 전처리는 잡음을 제거하고 데이터 양을 축소하여 필요한 정보를 찾아내기 편하도록 형태를 바꾼다^[13-14].

(1) 이진화

이진화란 그레이 레벨 영상 중 각 화소의 농도치를 0과 1로 구분하는 처리를 말한다. 이 과정을 거치게 되면 정보량이 상당히 감소하게 되며 알고리즘 또한 간략화 할 수 있게된다.

이진화에서는 임계치(threshold value)를 지정하여 정해진 임계치보다 큰 값을 가지는 화소에는 1을, 작은 값을 가지는 화소에는 0을 부여하게 된다^[6]. 지문화상에 대하여 이진화란 지문의 돌출부인 융선부와 파인 부분인 골을 구별하는 처리를 의미하며 융선과 골의 구조는 (그림 1)과 같다.

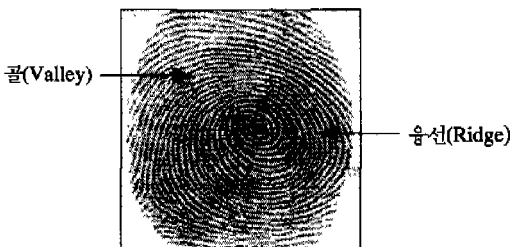


그림 1. 지문의 융선과 골

이 논문에서는 다양한 이진화 기법 중 블록 이진화 기법을 이용하여 그레이 레벨의 지문 영상에 대하여 이진화를 하였다.

블록 이진화 기법은 원하는 크기의 블록을 설정하고 그 블록마다의 명암 값을 고려하여 임계값을 설정하는 방법으로 각 블록마다 특정 값을 가질 수 있게된다. 블록 이진화는 다음과 같은 순서로 실행된다.

- 1 단계: 개선할 영상을 일정한 블록 크기로 나눈다.
- 2 단계: 나누어진 블록들 중 하나의 블록의 명도 값의 평균을 계산한다.
- 3 단계: 계산되어진 평균값을 그 블록의 임계값으로 한다.
- 4 단계: 그 블록만 이진화를 수행한다.
- 5 단계: 다음 블록을 1-4까지의 과정을 반복한다.
- 6 단계: 전체적인 이진화된 결과 값을 출력한다.

(2) 모폴로지 기법을 사용한 이진 영상의 평활화

평활화란 지문 화상 내에 포함되어 있는 잡음을 제거해 주기 위한 것으로 입력된 지문 화상의 상태가 양호한 경우는 이 과정을 생략할 수도 있다.

모폴로지 기법은 영상 전처리 작업에서 물체의 구조를 명확히 하는데 이용된다. 물체의 외곽선이나 골격선을 1-픽셀 두께로 최 외각선의 한 픽셀을 빼거나 더하는 작업으로 한 픽셀의 잡음은 제거될 수도 있고 두 픽셀로 확장시킬 수도 있다. 여러 가지 모폴로지 기법 중 팽창(dilation)연산은 물체의 외각 픽셀을 확장하는 역할을 한다. 물체의 크기는 확장되고 배경은 축소된다. 팽창 연산은 물체 안의 홀과 같은 빈 공간을 메우는 역할을 하거나 서로 짧은 거리만큼 끊어진 영역을 연결시켜준다.

팽창 연산 마스크 흰색 물체의 둘레에 한 픽셀을 더하는 역할을 하는데 3x3 마스크와 똑같은 영역을 가지는 영역에 대해서는 값을 바꾸지 않으며 1개 이상의 서로 다른 픽셀이 존재할 경우 마스크의 가운데 픽셀에 흰색 값을 할당하는 역할을 한다. 팽창 연산을 계속하게 되면 흰색 값을 가진 물체의 확장으로 배경 영역이 없어지게 된다. 이 논문에서는 이진화 된 영상에 존재하는 세공을 제거하기 위해 팽창 연산의 마스크 값과 일치하는 개수가 5개 이상일 경우 픽셀 값을 0으로 하여 이진영상에 대한 평활화 작업을 수행하였다^[12].

(3) 세선화

세선화란 대상 물체의 표면을 조금씩 벗겨내어 최종적으로 두께 1을 가지도록 하는 것으로 세선화의 처리 요건은 다음과 같다.

골격선의 폭은 1이어야 하며 골격선의 위치는 선도형의 중심에 위치해야 한다. 골격선은 원래의 도형에 있어서의 연결성을 유지해야 한다. 세선화 과정에서 골격선의 길이는 계속해서 줄어서는 안 된다. 패턴 윤곽선의 작은 요철로 인한 잡 가지선의 모양이 골격선에 첨가되지 않아야 한다.

세선화는 기본적으로 순차적 처리(sequential processing) 방법과 병렬적 처리(paraller processing) 방법으로 구분할 수 있다.

순차적 처리 방법은 현재의 처리 결과가 처리 이전의 결과에 영향을 받으며 처리 이후의 결과에도 영향을 미치는 것으로 대상 화상만 있으면 처리가 가능하다.

병렬적 처리 방법은 현재의 처리 결과가 처리 이전, 이후에 전혀 영향을 받거나 미치지 않는 것으로써 추가적으로 대상 화상 크기만큼의 버퍼가 필요하며, 현재의 관심 화소에 대한 처리 결과를 버퍼에 저장하는 식으로 전체 화상에 대한 한 차례의 처리가 모두 끝난 다음에 버퍼에 저장되어 있는 처리 결과를 원래의 대상 화상 위에 덮어쓰게 된다.

이 논문에서는 용선 흐름의 연속성을 유지하기 위해 병렬적 처리 방법의 하나로 제안된 Zhang Suen 세선화 알고리즘을 사용하여 세선화 하였다. 기본적인 알고리즘은 다음과 같다.

1 단계: 처리 대상인 검은 픽셀 Image(i, j)에 대해서 다음과 같은 조건을 만족하면 지운다.

- ① 픽셀 Image(i, j)에 대해서 그 주위의 픽셀들의 연속수가 1이고
- ② 픽셀 Image(i, j)에 대해서 그 주위의 픽셀들 중 검은 픽셀이 적어도 2 개에서 6 개 사이에 있어야 하며,
- ③ 적어도 픽셀 Image(i, j+1), Image(i-1, j), Image(i, j-1)중의 하나는 배경 픽셀이어야 한다.
- ④ 적어도 픽셀 Image(i-1, j), Image(i+1, j), Image(i, j-1)중의 하나는 배경 픽셀이어야 한다.
- ⑤ 조건에 맞으면 픽셀을 제거한다.

2 단계: 처리 대상인 검은 픽셀 Image(i, j)에 대해서 다음과 같은 조건을 만족하면 지운다.

- ① 픽셀 Image(i, j)에 대해서 그 주위의 픽셀들의 연속수가 1이고
- ② 픽셀 Image(i, j)에 대해서 그 주위의 픽셀들

중 검은 픽셀이 적어도 2개에서 6개 사이에 있어야 하며

- ③ 적어도 픽셀 Image(i-1, j), Image(i, j+1), Image(i+1, j)중의 하나는 배경 픽셀이어야 한다.
- ④ 적어도 픽셀 Image(i, j+1), Image(i+1, j), Image(i, j+1)중의 하나는 배경 픽셀이어야 한다.
- ⑤ 조건에 맞으면 픽셀을 제거한다

위의 두 개의 단계를 계속하여 더 이상 지울 픽셀이 남아 있지 않을 때까지 계속 적용시킨다.

연속수(Connectivity)는 주위 픽셀이 연결되어 있는 가를 알 수 있는 숫자이다. 1이면 중심 픽셀(0번)을 지울 수 있다는 것이다. 검정->흰색 또는 흰색->검정으로 전환되는가를 검사하면 되고 (그림 2)와 같다¹⁶⁾.

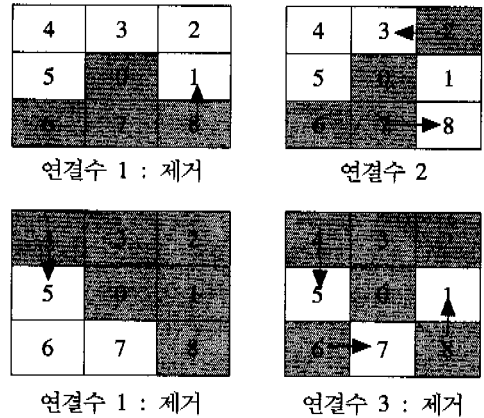


그림 2. 픽셀의 연속 수

Ⅲ. 제안된 방향성분 추출 알고리즘

소벨 마스크를 이용한 방법은 마스크 특성 상 수직(각 90°)과 수평(각 0° 또는 180°)성분에 대한 방향 성분 검출에는 강하게 작용하지만 그 외 방향 성분에 대해서는 방향 성분 추출을 위한 복잡한 처리과정이 있어야 한다.

대표 방향을 구하기 위하여 각 화소별로 단위 벡터를 만들어 누적시킬 경우 낮은 대비 영상이나 높은 대비 영상이나 같은 값이 나오기 때문에 기울기 크기를 누적할 수 없게 되고 대표 방향을 설정하기가 어렵다¹⁵⁾.

2차원 푸리에 변환의 경우 회전 특성을 이용하여 방향성이 있는 영상의 회전각을 알 수 있다. 푸리에 변환의 스펙트럼 상의 값들의 분포를 보면 중앙의

DC 값을 최고 값으로 하여 그 주변에 나타난 피크 값들의 분포 흐름이 영상의 회전 방향에 수직인 방향으로 나타나게 된다. 지문 영상을 일정 크기의 블록으로 분할한 후 푸리에 변환을 수행하여 방향성분을 추출할 경우 분할된 블록내의 용선이 정확한 방향성을 가지고 있는 경우는 용선 방향에 대한 수직 방향으로 주파수 특성을 얻을 수 있으나 여러 가지 성분이 블록 내에 포함되어 있는 경우, 특히 한 블록 내에 분기점이 포함되거나 상이한 방향 성분이 한 블록 내에 있을 경우 방향 특성을 추출해 내기가 어렵고 세분화된 방향을 얻기 위해선 별도의 방향필터를 사용해야 한다^[11].

이 논문에서는 소벨 마스크의 복잡한 처리 과정과 대표 방향 성분을 추출하고자 할 때 화소별로 단위벡터를 만들어 누적시킬 경우 낮은 대비영상이나 높은 대비 영상이나 같은 값이 나오므로 기울기 크기를 누적할 수 없어 대표 방향을 설정하기 곤란하였던 점과 용선이 정확한 방향 특성을 가지는 경우에만 방향성 추출이 가능했던 푸리에 변환의 문제점을 해결할 수 있는 알고리즘을 제시한다.

용선이 가지는 방향 성분을 찾기 위하여 대비도에 영향을 받지 않도록 이진화를 수행하였다. 이진화 된 지문 영상에 존재하는 세공을 제거하기 위해 평활화 작업을 수행한다. 원 지문의 상태가 양호할 경우 평활화 작업을 생략하였다. 이진화 된 영상에 대하여 픽셀 단위의 방향 정보를 추출하기 위해 세선화 하였으며 세선화 된 지문 영상에 대하여 다음과 같은 과정으로 방향 성분을 추출하였다.

1 단계 : 방향성은 용선만 가지고 있으므로 찾고자 하는 픽셀이 용선과 끝 어느 것에 해당하는지를 결정한다. 픽셀 값이 1(백 화소)이면 방향을 갖지 않는 끝에 해당하므로 제외하고 0(흑 화소)인 화소에 대해서만 픽셀의 방향을 추출한다. 구하고자 하는 방향 값은 4개이며 (그림 3)와 같고 $P(i, j)$ 가 방향 값을 구하고자 하는 픽셀이다.

2 단계 : 5×5 픽셀 크기의 블록을 (그림 4)에서처럼 중첩시켜 가면서 각 방향 위치에 존재하는 화소 값이 0인 픽셀의 개수를 계산하며 (식 1)과 같다.

$$\begin{aligned} \text{방향 1} &= \sum_{x=-2}^2 P(i, j+x) \\ \text{방향 2} &= \sum_{x=-2}^2 P(i-x, j+x) \end{aligned} \quad (\text{식 1})$$

$$\text{방향 3} = \sum_{x=-2}^2 P(i+x, j)$$

$$\text{방향 4} = \sum_{x=-2}^2 P(i+x, j+x)$$

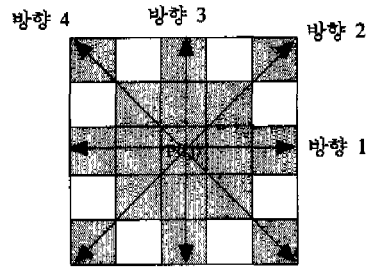


그림 3. 4개의 방향 성분

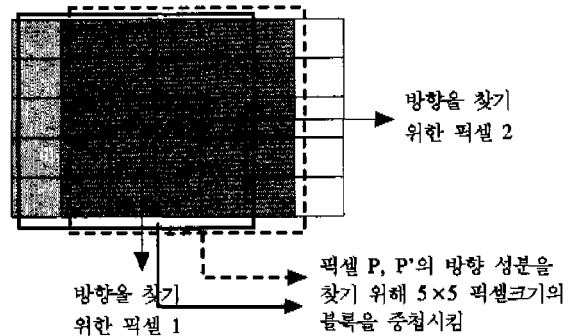


그림 4. 픽셀의 방향 정보 탐색

3 단계 : (식 1)에서처럼 방향 별로 계산된 화소 개수가 가장 큰 값을 가지는 방향을 한 픽셀의 방향 값으로 설정하며 (식 2)와 같다. $P(i, j)$ 는 픽셀 (i, j) 의 방향 값이다.

$$P(i, j) = \text{MAX}(\text{방향 1, 2, 3, 4}) \quad (\text{식 2})$$

4 단계 : 전체 픽셀에 대하여 첫째에서부터 셋째과정을 반복하여 용선에 해당하는 픽셀에 대한 방향 성분을 찾는다.

5 단계 : 각 픽셀에 대한 방향 값을 획득한 후 평활화 작업을 수행한다. 한 개의 픽셀을 중심으로 주변 8개 픽셀의 방향 값을 검사하여 가장 많은 방향 값을 찾는다. 선택된 픽셀의 방향 값과 검사된 방향 값이 일치하면 픽셀의 방향 값은 그대로 두고 틀리면 선택된 픽셀의 방향 값을 검사된 방향 값으로 변경한다. 검사 될 주변 8개 픽셀의 위치는 (그림 5)과 같다. $P_dir(i, j)$ 는 평활화 작업을 수행하기 위한 픽셀이며 ① ~ ⑧은 검사될 주변 8개 픽셀의 위치이다.

P_dir(i-1, j-1) ①	P_dir(i-1, j) ②	P_dir(i-1, j+1) ③
P_dir(i, j-1) ⑧	P_dir(i, j) ④	P_dir(i, j+1) ④
P_dir(i+1, j-1) ⑦	P_dir(i+1, j) ⑥	P_dir(i+1, j+1) ⑤

그림 5. 방향성 평활화를 위한 픽셀의 방향 값 탐색 위치

6 단계 : 픽셀 방향에 대한 평활화 작업 수행 후 8 × 8 픽셀 크기의 블록으로 영상을 분할 한 후 각 블록에 대하여 블록 내에 있는 픽셀이 가지는 가장 많은 수의 방향 값을 선택하여 블록의 대표 방향으로 설정한다.

7 단계 : 대표 방향을 설정할 때 동일한 값을 갖는 방향이 존재하면 주변 블록이 어떤 방향을 가지고 있는가를 검사하여 대표 방향을 결정한다. (그림 6)에서 블록 좌표(x, y)에서 동일한 값을 갖는 방향 성분이 있을 경우 주변 블록의 방향 성분을 조사하여 3개 블록의 대표 방향 값이 모두 같으면 좌표(x, y)의 방향 값을 주변 블록이 갖는 방향 값으로 결정한다.

IV. 제안된 특이점 추출 알고리즘

특이점은 지문 인식 시 기준 축을 설정할 수 있는 중심 좌표로 사용할 수 있다.

특이점은 (그림 7)에서처럼 두 가지 형태를 갖는다. 특이점 2의 경우 지문 입력 방식이 회전이 아닌 평면 입력의 경우 소실될 수 있으며, 이 논문에서는 추출대상에 제외하였다.

특이점은 대부분 지문 중심의 주변 영역에 위치해 있고 용선의 방향 성분이 루프 형태를 갖는다. 루프 형태를 이룬다는 것은 방향 변화가 심하다는 것을 의미하며 이러한 특성을 특이점 위치를 탐색하는데 사용한다.



대표 방향이 설정되지 않은 블록, 역상 처리된 이웃한 블록의 대표 방향을 검색하여 3 개가 모두 같은 방향이면 (x, y)의 방향을 검색된 방향 값으로 설정

그림 6. 방향 값이 같은 블록의 대표 방향 설정

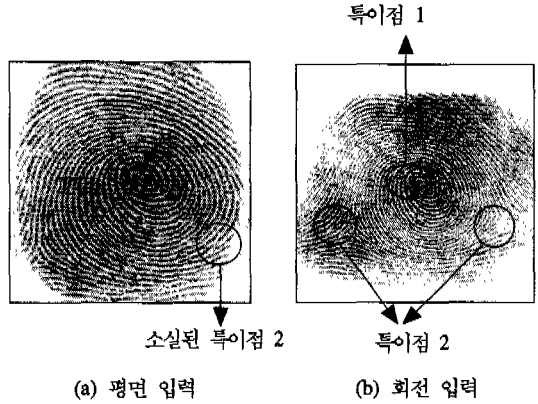


그림 7. 입력방식에 의한 지문 영상

한 개의 블록을 중심으로 주변 8개 블록이 가지는 대표 방향 정보를 이용하여 특이점 1차 영역을 설정하고 설정된 1차 영역에 대하여 두 번째 조건을 부여하여 특이점 2차 영역을 선택한다.

(그림 7)에서 볼 수 있듯이 찾고자 하는 특이점 1과 같은 형태는 지문 영상의 외곽에는 존재하지 않는다.

선택된 특이점 2차 영역에 대하여 지문 영상의 외곽에서부터 하나씩 제거하여 두 개의 블록이 남게 될 때까지 수행한다. 두 개 블록의 좌표 값을 획득한 후 최종적으로 한 개의 블록을 선택하여 특이점 영역으로 설정하며 제안된 방법은 다음과 같은 단계로 수행된다.

- 1 단계 : 전체 지문 영상을 8 × 8 픽셀 크기의 32 × 32 개의 블록으로 분할 한 후 각 블록에 대하여 대표 방향을 설정한다.
- 2 단계 : 각 블록에 대하여 특이점 1차 영역을 탐색 한다.

한 블록을 중심으로 주변 8개 블록의 방향 성분을 조사하여 서로 다른 방향 값을 가지는 블록이 4 개 이상이면 특이점 1차 영역으로 설정한다. 분할된 각 블록에 대하여 반복한다.

(그림 8)에서 빗금으로 채워진 사각형으로 표시된 부분이 특이점 1차 영역 추출을 위해 탐색 대상이 되는 기준 블록이며 주변 8개 블록에 대하여 방향 성분을 조사한다. 4개의 서로 다른 방향 값을 가지면 특이점 1차 영역으로 설정한다. (그림 9)는 1 단계를 수행하고 난 후의 결과로써 사각형으로 표시된 부분이 선택된 특이점 1차 영역이다.

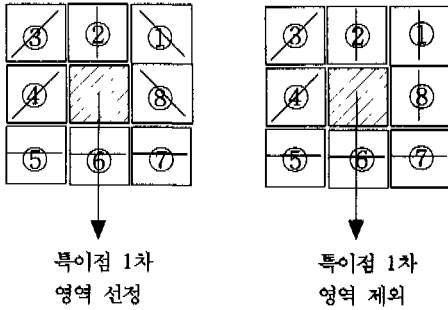
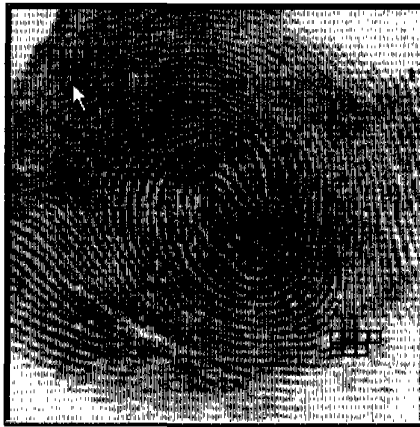
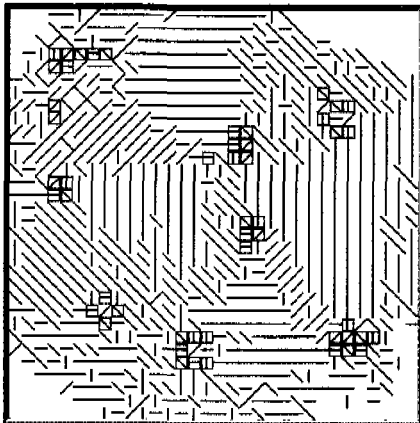


그림 8. 특이점 1차 영역 설정



(a) 원 영상에서의 특이점 1차 영역



(b) 방향영상에서의 특이점 1차 영역

그림 9. 특이점 1차 영역 추출

3 단계 : 1차에서 선택된 후보 블록 중에서 상·하, 좌·우로 서로 다른 방향 값을 가지는 블록을 선택하며 (그림 10)과 같다. 그림에서 빗금 채워진 사각형으로 표시된 부분이 특이점 1차 영역이며

조건을 만족할 경우 특이점 2차 영역으로 선정된다.

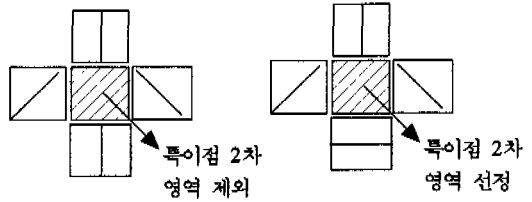


그림 10. 특이점 2차 영역 선택

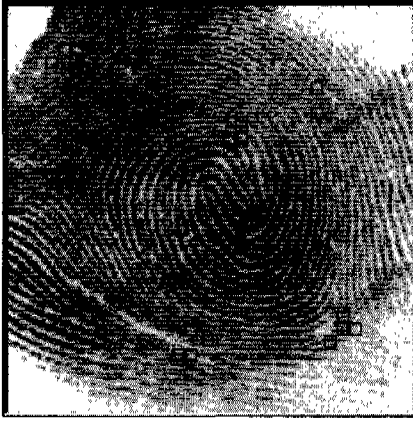
4 단계 : 특이점 영역 선정 시 특이점은 지문의 외곽에 존재하지 않는다. 지문 영상의 외곽에서부터 특이점 2차 영역으로 선정된 영역을 제거하여 2개가 남게되면 좌표 값을 획득한 후 최종적으로 남게 되는 한 개의 영역을 특이점 영역으로 선정한다. 얻어진 좌표 값은 특이점을 중심으로 하는 직교좌표를 생성하기 위해 사용한다.

3 단계와 4 단계를 수행한 후의 결과는 (그림 11)과 같다. 사각형으로 표시된 부분이 특이점 1차 영역에서 선택된 특이점 2차 영역이며 채워진 사각형으로 표시된 부분이 최종적으로 선택된 특이점 영역이다. 3단계를 수행하고 나면 상당수의 특이점 1차 영역이 제거됨을 알 수 있다. 위와 같은 과정을 의사코드로 작성하면 다음과 같다.

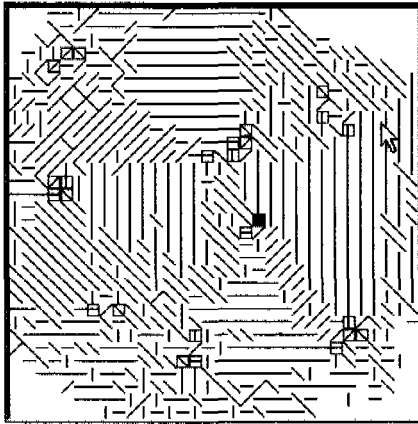
```

For 전체 블록
  Select Case 선택된 블록의 주변 8개 블록 방향을 계산
    Case 방향 1 : count = count + 1
    Case 방향 2 : count = count + 1
    Case 방향 3 : count = count + 1
    Case 방향 4 : count = count + 1
  End Select
  If 서로 다른 방향 개수 >= 4 Then
    특이점 1 차 영역으로 선정
  next
For 특이점 1차 영역
  If 특이점 1차 영역의 위쪽 블록 방향 <> 아래쪽 블록 방향 and 좌측 블록 방향 <> 우측 블록 방향
    Then 특이점 2차 영역으로 선정
  next
Repeat 전체 특이점 2차 영역
  지문의 외곽에서부터 특이점 2차 영역 제거
  If 두 개의 2차 영역이 존재 then
    두 개의 특이점 영역 좌표를 추출
  Endif
Until 1개의 특이점 2차 영역이 남을 때까지

마지막 한 개의 2차 영역을 특이점으로 선택하고 좌표 값 추출
    
```



(a) 원 영상에서의 특이점 영역 추출 결과



(b) 방향 영상에서의 특이점 추출 결과

그림 11. 특이점 추출 결과

V. 특이점을 이용한 직교좌표 생성 알고리즘

특이점을 추출 시 두 개의 특이점 2차 영역이 남게 되면 각 영역에 대한 좌표 값을 획득하였다. 특이점으로 선택된 영역에 대한 좌표를 중심좌표라 하고 나머지 좌표를 제 2좌표로 하여 두 점으로부터 직교 좌표를 생성한다.

제안된 방법에 의해 추출된 특이점을 중심점으로 하는 직교 좌표를 생성하는 알고리즘은 다음과 같다.

- ① 중심 좌표 (x_1, y_1) 과 제 2 좌표 (x_2, y_2) 을 구한다.
- ② 중심 좌표 (x_1, y_1) 과 중심 좌표로부터의 제 2좌표 (x_2, y_2) 을 이용하여 두 점으로부터의 직선의 방정식에 대한 기울기를 구한다.

기울기: $y = \frac{\Delta y}{\Delta x}$

$\Delta y = (y_1 - y_2), \Delta x = (x_1 - x_2)$

- ③ 중심 좌표와 제 2좌표에 대한 직선의 방정식과 그것에 대한 직교 방정식을 구한다.

직선방정식 : $y = ax$

직교방정식 : $y = (-\frac{1}{a})x$

- ④ 직선 방정식 $y = ax$ 과 직교 방정식 $y = (-\frac{1}{a})x$ 을 이용해 영상을 4개의 사분면으로 분할한다.
- ⑤ 영상 분할에 대한 $y = ax$ 방정식은 다음과 같다.

제 1사분면

제 2사분면

$y = ax \quad (x_1 > 0, y_1 > 0)$

$y = (-\frac{1}{a})x \quad (x_2 < 0, y_2 > 0)$

제 3사분면

$y = ax \quad (x_1 < 0, y_1 < 0)$

$y = (-\frac{1}{a})x \quad (x_2 < 0, y_2 < 0)$

제 4사분면

$y = ax \quad (x_1 < 0, y_1 < 0)$

$y = (-\frac{1}{a})x \quad (x_2 > 0, y_2 < 0)$

중심 좌표와 제 2좌표 $y=x$ 에 대한 직교 좌표는 (그림 12)와 같다.

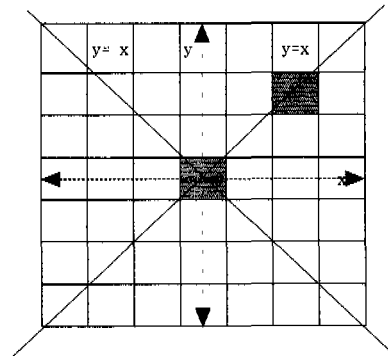


그림 12. 중심 좌표와 제 2좌표 $y=x$ 에 대한 직교 좌표

VI. 실험 및 결과

1. 실험

이 논문에서 제안된 알고리즘에 의해 추출된 특이점을 중심좌표로 하여 직교좌표를 생성하는 과정을 흐름도로 표현하면 (그림13)과 같다.

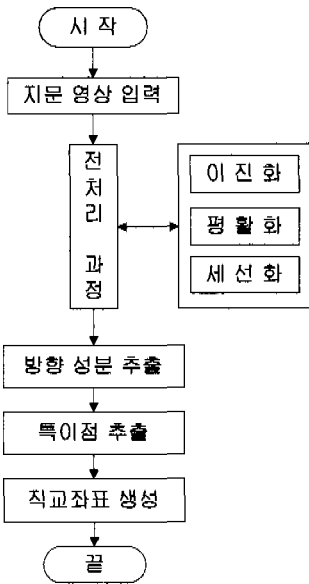
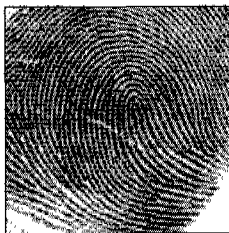


그림 13. 직교 좌표 생성 과정

(1) 지문영상의 처리

그레이 지문영상에 대하여 블록 이진화 기법을 수행한 후 팽창 연산을 사용하여 평활화하였다. 지문의 상태에 따라 평활화 과정은 생략될 수 있으며 이진 지문 영상에 존재하는 세공이 많은 경우 융선이 뚜렷이 부각되는 결과를 얻을 수 있었다. (그림 14)의 (a)는 실험에 사용된 256 그레이 원 지문 영상이고 (b)와 (c)는 평활화 수행전과 후의 영상이다. (d)는 평활화 작업후의 영상에 대하여 세선화를 적용한 결과이다.



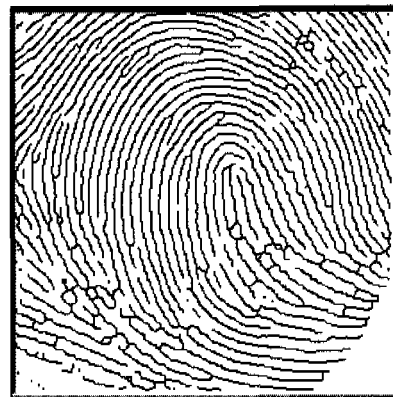
(a) 원 영상



(b) 이진화



(c) 평활화

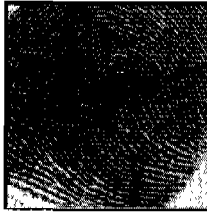


(d) 세선화

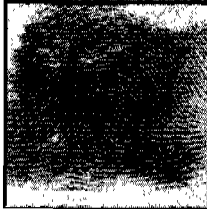
그림 14. 지문 영상의 전처리

(2) 제안된 방법에 의한 방향과 특이점추출

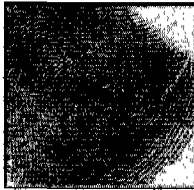
세선화 된 지문 영상에서 방향 정보를 획득하였으며 추출된 방향정보를 이용하여 특이점을 얻을 수 있었다. ① 번은 특이점이며 ②은 직교 좌표 생성 시 사용될 제2 좌표이다. 지문 유형별 특이점 추출 결과는 그림 (그림 15)와 같다.



(a) 제상문의 특이점 추출 결과



(b) 공상문의 특이점 추출결과

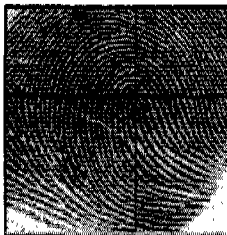


(c) 외상문의 특이점 추출결과

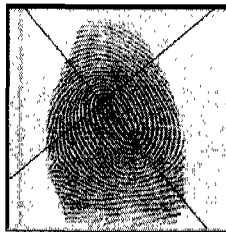
그림 15. 지문 유형별 특이점 추출결과

(3) 제안된 방법에 의한 직교좌표 생성

특이점의 위치를 중심좌표 값으로 하여 제 2 좌표 값과 두 점을 연결하여 지문 인식을 위한 직교좌표를 생성하였으며 좌표 생성 결과는 (그림 16)과 같다.



(a) 원 영상1



(b) 원 영상 2

그림 16. 직교좌표 생성

2. 실험 결과

실험은 5가지의 지문 형태를 갖는 35명의 정량화된 지문을 대상으로 특이점을 추출하였고 제안된 방법으로 추출된 특이점의 위치를 중심좌표로 하는 직교 좌표를 획득할 수 있었다. 유형별 특이점 추출율은 <표 1>과 같다.

VII. 결론

지문은 유일성과 불변성의 특성으로 식별 성능에 대한 신뢰도와 안정도가 높은 것으로 평가되어 효율적인 인증 방법으로 이용되고 있다^[17].

지문 인식 기법은 기존의 영상처리에서와는 달리 기준 좌표축이 존재하지 않아 채취된 지문에 대한 처리가 어려운 문제점이 있다. 해결책으로 주파수 공간에서의 Fourier 및 Wavelet 변환, 또는 신경 회로망이나 퍼지 논리 등을 사용해 왔으며, FFT 기반 지문 인식 시스템은 실시간 처리에 있어 좋은 성능과 인식률이 보장되었지만, 알고리즘의 특성상 주파수 공간에서 운용으로 인해 지문 인식 시 특징 벡터로 사용될 수 있는 단점이나 분기점의 정확한 위치와 방향을 찾아내기에는 적당하지 않았다.

이 논문에서는 지문 인식 과정 중 기준 좌표축을 설정하기 어려운 점을 해결하기 위해 특이점을 추출하여 추출된 특이점을 중심으로 하는 원형좌표를 생성하여 문제점을 해결하였고, 주파수 공간에서 운용으로 인한 방향추출의 어려움은 세선화 된 지문 영상에서 방향 정보를 추출 하므로써 제거할 수 있었다.

윤선의 방향 정보를 얻기 위하여 이진화 된 영상에 존재하는 세공은 팽창 연산을 적용하여 제거한 후, 윤선 흐름의 연속성을 유지할 수 있도록 순차처리가 아닌 병렬처리 방법으로 세선화 하였다. 세선화 된 지문 영상에서 각 픽셀단위로 방향 성분을 추출한 후 주변 8개 픽셀이 가지는 방향 값을 이용하여 방향성 평활화 작업을 수행하였다. 평활화 후 8×8 픽셀 크기의 32×32 블록에 대해 대표 방향을 설정하였다.

특이점 영역은 루프형태를 가지며 방향 변화가 급격하고 지문 영상의 외곽에는 거의 존재하지 않는다. 특이점 영역이 가지는 특성을 적용하여 각 블록을 중심으로 주변 8개 블록에서 4개의 서로 다른 방향성분이 검출되면 1차 특이점 영역으로 선택하였다. 1차 특이점 영역에서 상·하, 좌·우로 서로

다른 방향성분을 가지는 블록을 2차 특이점 영역으로 하였다. 지문 영상의 외곽으로부터 선택된 2차 특이점 영역을 제거하여 마지막에 검출되는 영역을 특이점으로 하여 추출하였다. 제안된 특이점 추출 방법은 기존의 방법에서처럼 방향성 평활화 작업을 반복적으로 수행할 필요가 없으며, 추출된 특이점의 위치를 중심좌표로 하는 직교좌표를 생성하였다.

참 고 문 헌

[1] 김현, 김학일, "RSTI불변 지문인식 알고리즘", 전자공학회논문집, 제35권 S편 제6호, pp.838-850, 1998.

[2] 박윤식, "적응적 영상개선을 위한 지문영상의 방향성 특성과 화질의 관계 분석", 한국통신학회논문집, Vol.23, No.23, pp.1066-1071, 1998.

[3] 안도성, 김학일, "클릭 구조를 이용한 지문 인식 알고리즘", 전자공학회논문지, 제36권 S편 제5호 pp69-80, 1999. 2.

[4] 차 승운, 김 성락, "공간영역적 특성을 이용한 실시간 지문 검증", 관동대학교 대학원, 박사학위논문, 1999. 12.

[5] 이준석, 심채창, 황석윤, 남재열, 이주형, "다해상도 방향성 정보를 이용한 지문영상의 특이점 추출", 한국통신학회논문집, Vol.22 No.5, 1997.

[6] 권용재, 박영태, "방향정보와 특징점을 사용한 지문영상의 형상 분류에 관한 연구", 대한전자공학회 추계종합학술대회 논문집 제21권 제2호, pp.963-966, 1998.

[7] V. S. Srinivasan, N. N. Murthy, "Detection of Singular Points in Fingerprint Images", Pattern Recognition, Vol 25. No 2, pp.139-153, 1992.

[8] Marius Tico, and Pauli Kuosmanen, "A Multi-resolution Method For Singular Point Detection In Fingerprint Images", IEEE, pp.183-186, 1999.

[9] A.P.Fitz and R.J.Green, "Fingerprint Classification Using a Hexagonal Fast Fourier Transform", Pattern Recognition, Vol.29, No.10, pp.1587-1597, 1996

[10] 장동혁, "디지털 영상처리의 구현", PC어드밴스, 1999

[11] Louis Coetzee, and Elizabeth C.Botha, "Fingerprint Recognition In Low Quality

Images", Pattern Recognition, Vol.26, No.10, pp.1441-1460, 1993

[12] Dario Maio, and Davide Maltoni, "Direct Gray-Scale Minutiae Detection In Fingerprints", IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol.19, No.1, pp.27-39, 1997.

[13] Nalini K.Ratha, Shaoyun Chen and Anil K.Jain, "Adaptive Flow Orientation-Based Feature Extraction in Fingerprint Images", Pattern Recognition, Vol.28, No.11, pp.1657-1671, 1995.

[14] Ahmed S. Abutaleb and M.Kannel, "A Genetic Algorithm for the Estimation of Ridges in Fingerprints", IEEE Transactions on Image Processing, Vol.8, No.8, pp.1134-1139, 1999.

[15] Raffaele Cappelli, Alessandra Lumini, Dario Maio, Member, IEEE, and Davide Maltoni, "Fingerprint Classification by Directional Image Partitioning", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.21, Co.5, pp.402-421, 1999.

[16] <http://comeng.andong.ac.kr/~vision/report/mybae/thin.htm>

김 성 락(Sung-Nak Kim)



1973년 : 명지대학교전자공학과
(공학사)
1979년 : 명지대학교 대학원
전자공학과(공학석사)
1991년 : 단국대학교 대학원
컴퓨터전공(공학박사)

1981년~현재 : 관동대학교 전자계산공학과 교수
<주관심 분야> 전자계산기 구조, 패턴 인식, 문자 및
영상인식, 신경회로망

신 미 영(Mi-Yeong Shin)



1990년 : 관동대학교정보처리학과
(공학사)
1992년 : 명지대학교 대학원
전자계산학과(공학석사)
1997년~현재 : 관동대학교
대학원 전자계산공학과
박사과정

<주관심 분야> 전자계산기 구조, 패턴 인식