

방향성필터뱅크 기반의 새로운 지문영상의 처리 방법

준회원 오 상 근*, 정회원 이 준 재**, 박 길 흠*

A New Method of Fingerprint Image Processing Based on a Directional Filter Bank

Sang Keun Oh* *Associated Members*, Joon Jae Lee**, Kil Houm Park* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 방향성필터뱅크(Directional Filter Bank; DFB)에 기반하여 지문영상을 해석하여 처리하는 새로운 방법을 제안한다. 지문에서 융선의 방향성은 방향성지도를 구성하고, 이로부터 방향성 필터링을 통한 영상 향상을 행하는 등 지문 영상을 해석하는 전처리과정에서 매우 중요한 요소이다. DFB는 입력영상을 방향성대역영상으로 분해한 다음 이로부터 원영상을 완전하게 복원하는 필터이다. 본 논문에서는 DFB를 이용하여 지문영상을 여러 개의 방향성대역영상으로 분해하고, 이로부터 국부 방향성 에너지를 정의한 다음, 이를 기반으로 방향성지도의 제작, 영상분할, 특이점추출 및 영상개선의 처리과정들을 일관되게 수행하는 알고리즘을 제안한다.

ABSTRACT

This paper presents a new algorithm of fingerprint image analysis and processing using directional filter bank(DFB). The directional components of ridge is very important in pre-processing steps of fingerprint image processing such as image enhancement by directional filtering followed by estimating the directional image of ridge patterns. The DFB analyzes input image into directional subband images and synthesizes them to the perfectly reconstructed image. In this paper, a new fingerprint processing algorithm using the DFB is proposed. The algorithm decomposes the fingerprint image into directional subband images and performs directional map generation, foreground segmentation, singular points extraction and image enhancement based on local directional energy estimate.

1. 서 론

개인식별 및 사용자인증을 위한 장치로서 생체인식을 이용하는 연구가 점차 확산되고 있다. 일반적인 개인식별 및 인증에 사용하던 열쇠, 비밀번호, 카드 등은 분실, 훼손 및 망각의 우려가 있어 신뢰성과 편리성이 우수한 생체특징을 이용한 개인식별 및 인증으로 전환되는 추세이다. 생체특징에는 음성, 서명, 맥박, 얼굴, 지문 등을 이용하는 방법이 있는데 그중 지문은 개인유일성 및 불변성을 지니면서 획득 및 처리가 상대적으로 용이한 장점이 있으며 실제로 범죄수사 및 시설물이나 정보에 대한 보안

장치 등에 사용되고 있다.

지문영상은 획득과정에서 잉크번짐, 땀, 불순물 혹은 불균일한 압력등에 의해 잡음이 섞일 수 있으므로 영상 품질이 열화될 수 있다. 지문인식 시스템은 열화된 지문영상을 이용하여 정확하고 신속한 인증 및 검색 작업을 수행해야 하므로 이를 위한 영상처리 단계는 중요한 비중을 차지한다.

지문을 이용한 식별 및 판별을 위한 과정들 중에서 영상처리는 전경 및 배경의 분할, 특이점의 추출 그리고 잡음제거와 함께 융선과 골의 대비를 높이는 영상개선 과정을 포함한다. 이러한 각 처리과정들을 위해 다음과 같은 방법이 사용되었다.

* 경북대학교 전자공학과 영상신호처리연구실 (taesa@palgong.knu.ac.kr)
논문번호 : 020088-0222, 접수일자 : 2002년 2월 22일

** 동서대학교 인터넷공학부

전경 및 배경의 분할을 위한 방법으로는 균일한 화소값을 가지는 배경과 상대적으로 변화가 심한 전경의 성질을 이용한 블록내 화소값의 분산을 이용하는 방법^[1]과 전경블록을 추출하기 위해 블록을 구성하는 화소들이 가지는 방향을 양자화한 다음 이들의 출현빈도를 이용하는 방법^[2], 이러한 두가지 방법을 복합적으로 사용하여 분할을 수행하는 방법^[3]이 있다. 그리고 기울기연산자를 이용하여 화소가 가지는 방향성의 크기를 구한 다음 블록내에서 통계적인 방법을 이용하여 결합한 후 생성한 방향성의 크기를 이용하는 방법 등이 있다.

특이점추출을 위한 방법으로는 영상을 구성하는 블록별 방향성을 이용하여 계산한 Poincare index를 이용한 방법^[4,5]이 가장 널리 이용되고 있으며, 근대에는 저화질의 지문에서 정해진 개수의 특이점을 추출하기 위해 블록의 방향성을 이용하여 구성된 Sine map을 이용한 방법^[6]이 제안되었다.

지문영상의 개선을 위한 방법으로는 용선의 방향성과 대응하는 1차원 마스크를 이용하여 용선의 복원을 수행하는 방법^[7], 블록내 방향성과 공간주파수를 입력으로 사용하는 Gabor 필터링을 이용하는 방법^[8], 그리고 주파수변환을 이용하여 대역영상을 생성한 다음 화소의 양자화된 방향성과 일치하는 대역영상의 화소를 이용하여 복원하는 방법^[9] 등이 있다. 처리과정을 위한 이러한 방법들은 각각의 목적을 위해 사용되며 다른 처리과정들과 독립적이다.

용선과 골의 대비를 강조하는 것과 같은 영상개선을 위해서는 영상이 가지는 방향성을 다루는 방향성 필터링이 매우 중요하다. 방향성필터뱅크(DFB)는 푸리에 변환에서의 주파수 영역이나, 웨이브릿 기반에서의 공간·주파수 영역의 변환과는 달리 공간 방향성 영역의 변환이다. 따라서 임의의 한 화소를 여러 방향성의 성분으로 분해할 수 있어서 주 방향성분에 의한 방향성 지도가 자연스럽게 구성될 수 있을 뿐만 아니라 이를 기반으로 한 방향성 필터링을 비롯하여 이에 수반된 여러 처리과정이 적절하게 응용될 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 DFB^[10,11,12]를 이용하여 지문영상을 해석하여 방향성 지도의 생성, 지문 영역의 분할, 특이점의 추출 및 영상을 향상시키는 지문 영상처리를 수행하는 새로운 방법을 제안한다. 먼저, 방향성필터뱅크를 이용하여 지문영상을 여러 개의 방향성대역영상으로 분해한다. 분해된 방향성 대역 영상에서 방향성 지도를 생성하고 전경의 분리 및 특이점의 추출을 행한다. 그리고 대역영상들

의 원소를 제안하는 방법에 따라 처리한 다음 DFB의 합성과정을 거쳐 개선된 영상을 얻는다. 이러한 처리과정을 개략적으로 도시하면 그림 1과 같다.

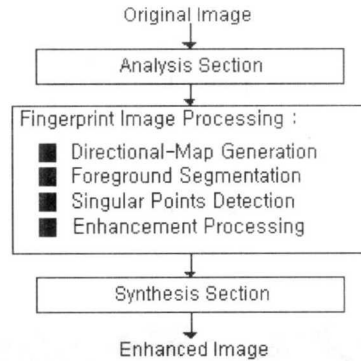


그림 1. 방향성필터뱅크를 이용한 지문영상의 처리과정

II. 방향성필터뱅크(DFB)

DFB^[10,11,12]는 방향성 대역통과필터들의 연결로 이루어지며 원영상으로부터 여러 방향성 대역영상을 구하는 분해과정과 방향성 대역영상들로부터 원영상을 만드는 합성과정으로 구성된다. 이러한 DFB는 분리가능한 1차원 필터링과 원영상으로의 완전복원을 보장한다.

분해단계(analysis)는 원영상을 표본화한 후 필터링하여 2개의 대역영상으로 나눈 다음 이 결과들을 입력으로 사용하여 같은 과정을 2회 반복하며 2³개의 방향성 대역영상을 생성하고, 합성단계(synthesis)는 대역영상들을 입력으로 하여 분해단계의 역순으로 합하여 복원영상을 생성한다^[13]. DFB를 이용하여 통과시킬 각 주파수대역 및 분해후의 대역영상들의 위치를 도시하면 그림 2와 같다. 사용하는 표본화과정 및 필터링의 특성상 0~3대역영상들의 크기와 4~7대역영상들의 크기는 서로 다르다. 그리고 본 논문에서 사용하는 DFB사용부분의 전체적인 수행과정은 그림 3과 같다. 실험에 사용한 원영상, DFB에 통과시킨 분해영상을 그림 4에 나타낸다.

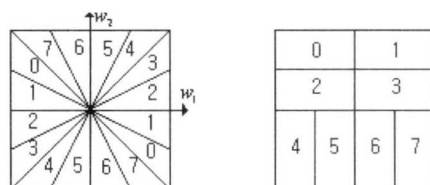


그림 2. DFB의 방향성 통과대역 및 대역영상의 위치

합성한 영상은 원영상과 같다. 한편, 분해단계에서 만들어진 8개의 대역영상들 중에서 특정 방향성 대역영상의 원소가 가지는 값은, 대응하는 원영상의 원소가 가지는 방향으로의 방향성 정도를 나타낸다.

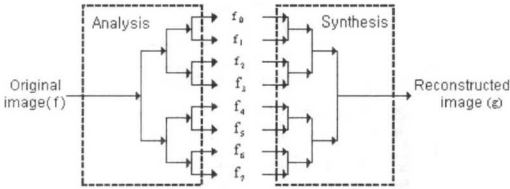


그림 3. DFB의 분해 및 합성도

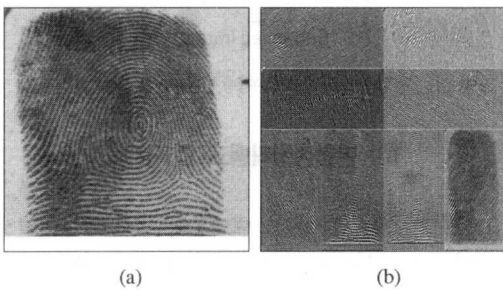


그림 4. DFB를 이용한 지문영상의 분해
(a) 원영상 (b) 방향성대역영상

III. 제안하는 지문영상의 처리

지문을 이용한 식별 및 판별을 위한 과정들 중에서 영상처리는 전경 및 배경의 분할, 특이점의 추출 그리고 잡음제거와 함께 응선과 골의 대비를 높이는 영상개선 과정을 포함한다.

지문영상에서 방향성은 여러 가지 용도로 사용되어진다. 블록을 구성하는 화소가 가지는 방향성의 빈도를 이용하여 지문영상을 분할하거나^{2,3)}, 공간영역이나 주파수영역에서 구한 방향성을 이용하여 지문영상을 개선^{7,8,9)}하고, 지문영상의 매칭을 위해 사용하는 기준점인 특이점의 추출을 행하며, 추출된 특이점 정보와 함께 지문영상의 분류에 사용되기도 한다^{4,5,6)}.

원영상으로부터 개선된 지문영상을 구하는 전체적인 수행과정은 그림 5와 같다. DFB를 사용하여 원영상을 여러 방향성대역영상으로 분해하고 이 영역에서 원영상의 블록이 가지는 다중방향에 대한 방향성 정도를 추출한 다음 이로부터 지문영상을 해석하고 처리한다. DFB의 분해과정의 결과로서 구해진 블록의 방향성 정도로부터 지문영상의 방향성

지도제작, 지문영상의 분할, 특이점의 추출 및 지문영상의 개선과 같은 과정들이 일관되게 수행된다. 추출된 특이점 및 방향성지도를 이용하여 지문의 분류, 개선된 전경영상으로부터 이진화 및 세선화, 그리고 특이점의 추출을 행하며 이 결과들을 이용하여 매칭을 수행한다. 이때 블록이 가지는 각 방향으로의 방향성정도는 방향성에너지에 의해 구해진다. 그림 5에서 점선으로 표시된 부분은 본 논문에서 제시한 방법을 확장하여 적용할 수 있는 분야로 여기에서는 더 이상 다루진 않는다. 입력된 지문영상에 대하여 DFB를 통과시킨 8개의 방향성 대역영상은 그림 4(b)와 같다.

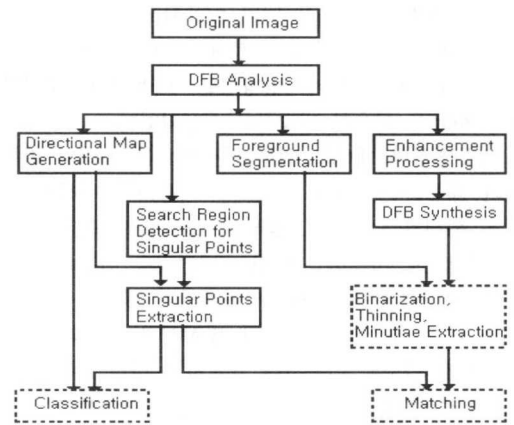


그림 5. DFB의 결과를 이용한 지문영상의 처리과정

한편, 원영상의 각 화소는 $f(i, j)$, 대역영상 k 에서의 각 화소는 $f_k(i,j)$, 대역영상 k 의 (I,J) 째 블록은 $f_k(I,J)$ 그리고 블록내의 각 화소는 $f_k(I,J;i,j)$ 로 정한다. 원영상에서 한 개의 블록이 가지는 크기는 $m \times n$ 화소이며 대응하는 대역영상 k 의 블록 크기는 $m_k \times n_k$ 화소로 정한다. 이때 0에서 3까지의 대역영상에서는 (m_k, n_k) 가 $(m/4, n/2)$ 이며 4에서 7까지의 대역영상에서는 $(m/2, n/4)$ 이다. 이로부터 분해된 대역영상내의 화소 $f_k(I,J;i,j)$ 가 포함된 블록 $f_k(I,J)$ 가 가지는 방향성 에너지(E_k)는 식 1과 같다.

$$E_k(I, J) = \sum_{i=0}^{m_k} \sum_{j=0}^{n_k} |f_k(I, J, i, j)| \quad (1)$$

여기서 $E_k(I, J)$ 는 k 째 대역영상의 (I, J) 째 블록에 존재하는 계수들의 절대값의 합이다.

1. DFB를 이용한 방향성지도 제작

영상을 여러 개의 작은 블록들로 나눈 다음 블록

이 가지는 주방향을 이용하여 구성된 영상을 방향성 지도라 한다. 지문영상에서는 응선의 진행 패턴을 나타내기 위해 이를 사용하며, 지문의 식별 및 판별을 위한 기준점인 특이점을 추출하거나 지문의 분류를 위해 이러한 방향성 지도가 이용된다. 지문 영상 내에서 블록의 주 방향은 블록내의 각 화소들이 가지는 기울기 값을 통계적인 방법으로 조합하여 구한다. 이때 각 화소가 가지는 방향성을 구하기 위해 기울기 연산자를 이용하거나 8개 방향성을 대표하는 1차원 마스크를 이용하기도 한다. 본 논문에서는 DFB의 분해과정의 결과를 이용하여 방향성 지도를 구하는 새로운 방법을 제시한다.

원영상의 블록에 대응하는 각 대역영상들의 블록이 가지는 방향성 에너지는 원영상의 블록이 가지는 각 방향으로의 방향성정도를 잘 나타낸다. 따라서 DFB 수행후의 방향성 에너지가 가장 큰 블록에 해당하는 방향이 주방향이다. 원영상의 각 블록이 가지는 주방향을 계산하는 과정은 식 2와 같다. 이때 블록이 가지는 주방향을 $d(I, J)$ 라 한다.

$$d(I, J) = k, \quad \text{if} \quad \underset{k}{\text{Max}} E_k(I, J) \quad (2)$$

이와 같은 방법으로 구한 주방향을 이용하여 방향성 지도를 제작하며 완성한 방향성 지도는 그림 6과 같다.

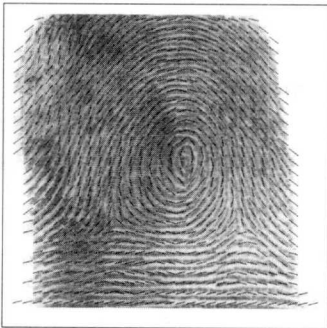


그림 6. 최대에너지 대역에 의한 방향성지도

2. 지문영상의 분할

지문영상은 획득시에 입력기 및 획득환경에 의해 왜곡된다. 그리고 지문자체의 훼손 및 오염으로 인하여 획득된 지문영상의 품질은 열화된다. 왜곡 및 열화된 부분으로부터 오인식되는 특이점은 지문분류 및 이를 기준위치로 사용하는 매칭의 정확도를 감소시킨다. 한편 획득된 지문영상을 이용하여 식별, 검색 그리고 분류등에 사용할 경우에 열화된 부분

을 제외하고 화질이 좋은 부분을 이용하게 된다면 열화된 부분을 포함한 영상전체를 이용하는 것보다 인식율이 상승할 뿐만 아니라 과정상 이어지는 지문영상의 처리영역이 전경에 한정되므로 처리속도가 빨라진다.

지문영상에서의 전경은 대비가 뚜렷한 응선과 골로 이루어진 영역으로 정하며, 왜곡 및 열화된 부분과 실제 배경 부분을 합하여 배경으로 정한다. 지문영상의 분할은 이러한 지문영상에서 전경과 배경을 분리하는 과정이다. 지문영상의 분할후에 전경부분에 대하여만 지문영상의 개선을 수행하며 이로부터 매칭에 사용할 특징을 추출한다. 그리고 전경부분에 한하여 특이점 추출을 행한다.

지문영상으로부터 전경과 배경을 분할하는 방법에는 영상의 화소가 가지는 분산을 이용하는 방법^[1]과 화소가 가지는 단일 방향성정도^[2]를 이용하는 방법등이 있다. 이 중에서 분산을 이용하는 방법은 ‘전경이 배경에 비해 화소 값의 분산이 큰 성질’을 이용한다. 이때 배경이지만 잡음을 포함하는 경우에 전경영역으로 간주될 수 있다. 방향성 정도를 이용하는 방법은 ‘전경을 구성하는 화소들의 방향성누적분포에 비해 배경을 구성하는 화소들의 방향성누적분포가 훨씬 불규칙적이며 두드러진 최대치가 존재하지 않는 성질’을 이용한다. 이때 블록내에서 최대치가 2개이상 나타나는 특이점부근에서는 전경이지만 배경으로 간주될 수도 있다. 또한 이러한 방법들에서 사용되는 블록의 분산 및 단일 방향성 등과 같은 중간결과들은 지문영상의 개선 및 특이점의 추출과 같은 이어지는 지문영상의 해석에는 사용되어지기 어렵다.

본 논문에서는 DFB의 분해과정에서 얻어진 지문영상의 블록이 가지는 여러 가지 방향성에너지를 이용하여 지문영상의 분할을 수행한다. 이렇게 함으로써 화소가 가지는 단일 방향성을 이용한 영상분할이 가지는 잡음에 강인하지 못한 단점을 개선한다. 잡음에 해당하는 화소가 가지는 방향성 값은 기울기연산자의 사용과 같은 점연산에 의한 경우에는 값이 커질 수 있으나 본 논문에서 사용하는 방법과 같이 방향성대역통과 필터링에 의한 경우에는 응선 및 골과 같이 이어지는 부분과는 대조적으로 방향성 값이 작아진다. 따라서 영상분할시에 잡음에 강인하지 못한 단점을 개선한다. 한편 이러한 영상분할에 사용된 지문영상의 다중방향성에너지는 이어지는 지문영상의 개선 및 특이점 추출에 일관되게 사용된다.

지문영상 내에서 열화된 융선부분 및 배경부분을 구성하는 블록이 가지는 각 방향성에너지는 특정방향으로 두드러지지 못하며 전체적으로 크기가 미미하다. 또한 융선과 골로 구성된 전경부분을 구성하는 블록이 가지는 방향성에너지는 융선의 진행방향에 대응하는 방향성에너지가 두드러지며 그렇지 못한 방향으로의 에너지는 미미하다. 그리고 특이점 및 특징점의 경우에는 에너지가 큰 상위 3개 이내의 방향으로의 방향성에너지가 두드러지며 그렇지 못한 방향으로의 에너지는 미미하다. 이로부터 전경과 배경을 구성하는 블록은 공통적으로 상위 방향성에너지에 비해 상대적으로 작은 크기의 하위 방향성에너지들을 가지게 된다. 따라서 본 논문에서는 블록이 가지는 방향성에너지 중에서 상대적으로 비중이 큰 방향성에너지의 합을 이용하여 누적 방향성 에너지를 정하고 이로부터 분할을 수행한다.

원영상의 블록이 가지는 누적 방향성 에너지를 이용하여 지문영상을 분할하는 과정은 다음과 같다. 식 1에서 구한 블록의 방향성에너지 중에서 크기가 상위 3개 이내의 방향성 에너지를 합하여 누적방향성에너지(E_{sum})를 구한다. 다음으로 누적방향성에너지가 임계치(TH_SEG) 이상인 블록을 전경으로 정한다. 방향성 에너지를 이용하여 영상분할을 수행하는 과정은 식 3과 같고 지문영상으로부터 구해진 블록의 에너지를 이용하여 추출한 전경블록은 그림 7과 같다.

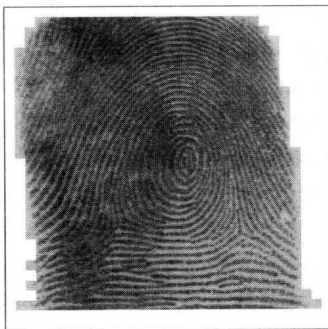


그림 7. 방향성 에너지를 이용해 추출한 전경영상

$$E_{sum}(I, J) = \sum_{a=1}^3 E_{a^*}(I, J) \tag{3}$$

$$F(I, J) = \begin{cases} 1, & \text{if } E_{sum}(I, J) > TH_SEG \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기에서 a^* 는 순위 a 에 해당하는 대역의 위치이고, $F(I, J)$ 는 위치 (I, J) 에 해당하는 블록을 나타내는데 1이면 전경 0이면 배경이다. 그리고 TH_SEG 는 분

할에 필요한 임계치이다.

3. 특이점의 추출

지문영상에서 특이점은 지문영상의 매칭에서 기준점으로 사용되거나 지문영상의 분류에 사용될 뿐만 아니라, 매칭시에 분류된 결과를 이용할 수 있으므로 데이터베이스내에서 매칭을 위한 검색영역을 줄이는 기능을 하게 된다. 따라서 잘못 추출된 특이점은 지문의 분류 및 매칭의 결과에 심각한 영향을 끼치게 된다. 일반적으로 지문영상으로부터 특이점을 추출하는 방법은 Poincare index를 이용한 방법^[4,5], Sine map을 이용한 방법^[6] 그리고 특이점의 구조적인 특징을 이용한 방법^[14]으로 나뉜다.

본 논문에서는 특이점의 추출을 위해 블록의 방향성을 원영상이나 개선된 영상으로부터 별도로 계산하지 않는다. DFB의 분해과정의 결과로부터 구해진 블록의 방향성 에너지를 이용하여 원영상을 구성하는 블록의 주방향을 결정한 다음 이로부터 특이점을 구한다.

한편 특이점추출의 경우에 두 개 이상의 방향으로 비슷한 크기의 방향성 에너지가 두드러지게 존재하는 특이점의 성질을 이용하여 특이점 후보영역을 지정할 수 있다. 따라서 특이점을 구하기 위해 블록의 주방향을 고려하게 되는 탐색영역을 영상전체로부터 전경과 특이점후보영역과 같이 2단계에 걸쳐 축소시킴으로써 특이점의 추출이 빠르게 이루어지도록 할 뿐만 아니라 잡음에 의해 특이점으로 오인식될수 있는 배경 및 열화된 영역들이 특이점 탐색영역에서 배제됨에 따라 추출된 특이점의 정확도를 높이게된다. 원영상을 DFB에 통과시킨 후의 방향성 대역영상들로부터 특이점을 추출하는 과정은 그림 8과 같다.

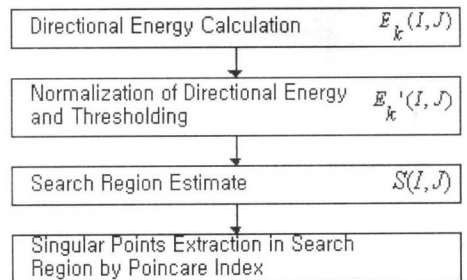


그림 8. 방향성대역영상을 이용한 특이점 추출과정

우선 DFB의 분해과정의 결과를 이용하여 원영상의 블록에 대응하는 각 방향으로의 방향성 에너지를

구한다. 구해진 각 방향으로의 방향성에너지들을 정규화 한다. 그리고, 두드러진 방향성이 없는 배경부분을 탐색영역으로부터 제외시키기위해 배경블록의 이상적인 정규화방향성에너지값(TH)보다 이하인 대역은 제외시킨 다음 남은 대역영상의 블록을 중첩가능 블록으로 채택한다. 이렇게 함으로써 배경부분이 채택되거나 잡음부분이 특이점으로 인식되는 것을 방지한다. 다음에는 방향성 대역영상별로 채택된 블록을 이용하여 레이블링을 수행한다. 끝으로 레이블링된 대역영상들을 중첩하여 생성한 영역을 특이점추출을 위한 탐색영역으로 정한다. 정규화된 각 방향으로의 방향성에너지들을 구하는 과정은 식 (4)와 같다. 그리고 중첩가능영역의 결정조건 및 특이점 탐색영역의 선택조건은 식 (5)와 같다.

$$E_k'(I, J) = \frac{E_k(I, J)}{\sum_k E_k(I, J)} \quad (4)$$

$$R_k(I, J) = \begin{cases} 1, & \text{if } E_k'(I, J) > TH \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

$$S(I, J) = \begin{cases} 1, & \text{if } \sum_k R_k(I, J) \geq 3 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기에서 k대역내 (I,J)위치에 해당하는 블록의 방향성에너지가 임계치보다 크면 $R_k(I, J)$ 는 1이다.

특이점 탐색영역상에 존재하는 블록들이 가지는 방향성을 방향성 지도로부터 결정한 다음, 이로부터 탐색영역내의 블록이 가지는 Poincare index를 계산한다. 구해진 지수 계수값을 비교하여 특이점을 정한다. 원영상으로부터 특이점을 추출한 예는 그림 9와 같다. 그림 9(c)는 영상전체를 탐색영역으로 하고 일반적인 기울기연산자를 이용하여 구한 방향성을 사용하여 구한 특이점의 분포이다.

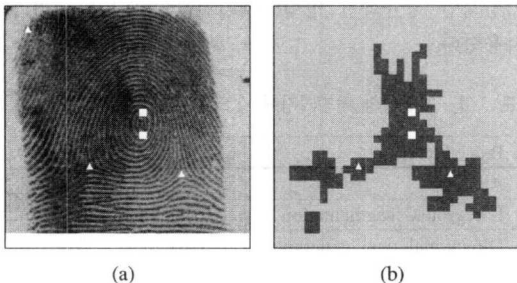


그림 9. 추출된 특이점 (■ 기준점, ▲ 삼각점)
(a)전체영역에서 추출 (b)탐색영역 및 이로부터 추출

4. 지문영상의 향상

본 논문에서는 DFB를 사용하여 원영상을 여러

방향성 대역영상으로 분해하고 이로부터 얻어지는 방향성 정도를 해석하고 처리한 다음 합성함으로써 융선과 골의 대비를 강조하고 잡음의 영향을 감소시키는 등의 영상개선을 수행한다.

지문영상을 구성하는 화소는 각 방향에 대하여 서로 다른 방향성 정도를 가진다. 기울기가 완만한 융선 및 골부근에 존재하는 화소는 기울기에 대응하는 단일 방향으로의 방향성 정도가 두드러지며 이 방향으로의 방향성에너지가 가장 크고 그 외의 방향성정도는 매우 작다. Core 및 delta와 같은 특이점과 끝점 및 분기점 같은 특징점 부근에서는 두세 방향으로의 방향성정도가 서로 비슷한 크기를 가지면서 가장 큰 값을 나타내며 그 외의 방향성정도는 매우 작다. 잡음 및 배경의 경우에는 여러 방향으로 큰 방향성정도를 가지게 된다. 하지만 이경우의 방향성에너지는 다른 경우에 비하여 상대적으로 미약하다. 지문영상의 이러한 성질을 이용하여 영상을 향상시키기 위해 원영상의 화소가 가지는 여러 방향으로의 방향성 정도를 고려한다. 이를 위해 DFB를 사용하여 원영상을 방향성 대역영상들로 분해한 후 대역영상들의 계수값을 원영상의 대응하는 원소가 가지는 방향성정도로 사용한다.

DFB를 사용한 지문영상의 개선 방법으로는 DFB의 분해과정에서 획득한 블록의 방향성 에너지중에서 두드러진 방향의 원소를 그대로 이용하거나, 여기에 방향성에너지값의 비율을 이용한 가중치를 부여하여 합성하는 방법이 있다^[13,15]. 이 방법은 배경 및 잉크변짐영역과 같이 명암차이에 의한 영향을 감소시키기 위해 임계치미만의 에너지를 가지는 방향성대역영상의 블록을 제외한다. 이때 전체 블록에 대하여 동일한 값의 임계치를 적용시킨다. 하지만 희미한 전경영역 및 진한 배경영역 그리고 지역적 명암차이가 존재하는 경우에 방향성에너지의 크기가 영역에 대하여 유동적이므로 절대적인 임계치의 사용은 좋지못하다.

본 논문에서는 방향성에너지를 그대로 사용하지 않고 정규화된 방향성에너지($E_k'(I, J)$)를 이용하여 영상개선을 수행한다. 처음으로 잉크변짐과 같은 명암차이에 의한 영향을 감소시키기 위해서 배경영역의 이상적인 정규화된 방향성에너지값을 임계치(TH)로 사용하여 이보다 작은 에너지를 가지는 블록은 배제한다. 이때 사용되는 블록의 에너지는 블록에 대응하는 대역들의 방향성에너지의 합에 대한 비율이다. 다음에는 방향성에너지가 큰 세 개 이하의 블록에 에너지의 비율에 따른 가중치를 부여한다. 이때

상위 세 개의 블록에 포함되지 않는 대역영상의 블록에 부여되는 가중치는 0 이다. 대역영상들의 블록을 이용하여 재구성에 사용할 블록을 생성하는 과정은 식 (6)과 같다.

끝으로 대역영상의 블록내의 계수값에 가중치를 곱함으로써 대역영상들의 계수값을 변형시킨다음 합성을 수행함으로써 개선된 영상을 얻는다. 지문영상의 개선을 위한 처리를 포함하는 전체적인 과정은 그림 10과 같다. 그리고 그림 4의 원영상과 대역영상에 다중방향성을 고려한 개선방법을 적용시킨 후의 대역영상과 개선영상은 그림 11과 같다.

$$\bar{f}_k(I, J, i, j) = \begin{cases} w_k(I, J) f_k(I, J, i, j), & \text{if } E'_k(I, J) > THR \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

$$\text{where } w_k(I, J) = \frac{E'_k(I, J)}{\text{Max}_k (E'_k(I, J))}$$

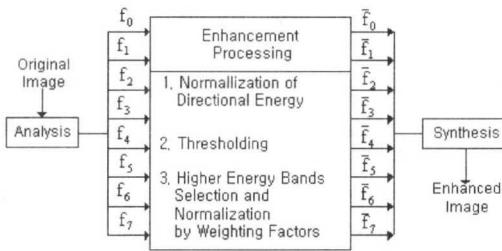


그림 10. DFB에 기반한 지문영상향상을 위한 처리과정

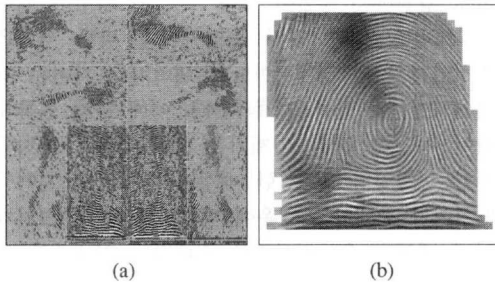


그림 11. 다중방향성을 고려한 지문영상의 개선결과
(a) 처리된 방향성대역영상 (b) 개선된 지문영상

방향성에너지가 큰 상위 세 개 이하의 대역에 해당하는 블록에 방향성에너지의 크기를 고려한 가중치를 부여하게 된다. 즉 최대 에너지를 가지는 블록에는 1을 부여하고, 그 다음 상위 2개 이내의 블록들에는 최대 방향성에너지에 대한 비율을 가중치로 부여한다. 한 방향성이 두드러진 경우에 다른 방향성에 해당하는 블록에는 낮은 가중치가 부여되며, 여러 방향성이 혼재하면서 비슷한 에너지를 가지는

경우에는 비슷한 크기의 가중치가 부여된다. 한편 상위 세 개에 포함되지 않는 블록은 차단되므로 복원시에 영향을 주지 않는다.

임계치 이상의 원소들을 우선적으로 고려함에 따라 원영상에서의 융선과 골에 존재하는 잡음부분의 영향이 많이 감소된다. 그리고 원영상의 블록들에 대응하는 대역영상의 블록들에 대하여 방향성에너지의 비율을 고려한 가중치를 부여한 후에 합성영상을 구성함에 따라 다음과 같은 결과가 나타난다. 기울기가 완만한 융선부근에서는 최상위 블록에 부여되는 가중치가 다른 블록에 부여되는 것보다 크므로 최상위 블록의 방향성이 강조되며 다른 방향성이 약화되므로 융선의 진행 및 융선과 골의 대비가 두드러진다. 그리고 여러개의 큰 방향성분이 존재하는 특징점 및 특이점부근에서는 해당하는 상위 소수개의 방향성에 대응하는 블록에 큰 가중치가 부여되므로 합성시에 특징점 및 특이점의 위치 및 모양이 훼손되지 않고 보존된다.

IV. 실험 결과

NIST4 데이터베이스의 영상들에 대하여 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용시켰다. 실험에 사용한 시스템은 Pentium-III(500MHz) CPU를 사용하는 개인용 컴퓨터이며 지문영상은 512×512화소 크기의 256농담의 영상이다. 대역영상의 획득, 전경/배경의 분할, 특이점의 추출, 지문영상의 개선을 위한 처리, 재구성된 대역영상으로부터 복원에 소요된 시간은 표 1과 같다. 실험을 위하여 원영상을 8개의 방향성 대역영상으로 분해하였으며 전경분할에서 사용되는 임계치(TH_SEG)로는 0.8, 특이점의 탐색영역의 결정 및 지문영상의 개선에 사용되는 임계치(TH)로는 이상적인 정규화된 방향성에너지값인 0.125(=1/8)를 사용한다.

표 1. 지문영상 처리과정에 소요된 시간 (단위 : 초)

Procedure	512 × 512	256 × 256
Analysis	1.7	0.44
Foreground segmentation	0.11	0.03
Directional map generation	0.01	0.00
Singularpoint search region detection	0.17	0.04
Singularpoint detection	0.06	0.02
Enhancement	0.22	0.06
Synthesis	1.59	0.39
Total	3.86	0.98

다중방향성을 이용한 지문영상의 처리 및 개선결과를 검사하기 위하여 개선된 영상을 이용하여 기존의 간단한 이진화 및 세선화를 수행한다. 이진화는 개선된 영상에서의 블록별 평균값을 임계치로 사용하여 수행하였으며 세선화는 Chen과 Hsu가 제안한 방법^[11]을 사용하였다. 개선된 영상에 대하여 이진화 및 세선화 수행후의 결과영상은 그림 12와 같다. 제안한 알고리즘에 의하여 융선과 골의 대비를 강조함으로써 개선된 지문영상을 생성하였으므로 간단한 이진화 및 세선화 알고리즘을 적용하였음에도 좋은 결과를 나타내었다. 방향성과 지역적인 주기성을 가지는 지문영상에 적합한 이진화 알고리즘을 적용시킨다면 더욱 좋은 결과가 기대된다.

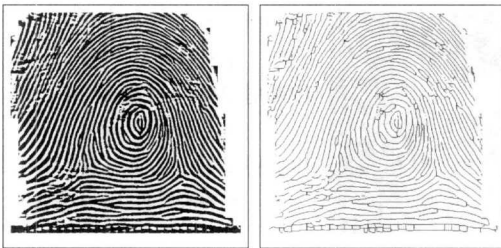


그림 12. 개선된 영상에 대해 이진화 및 세선화 수행
(a) 이진화된 영상 (b) 세선화된 영상

지문영상의 여러 가지 처리과정을 수행하기 위해 필요한 화소의 다중방향성을 구하기 위해 주파수 변환을 거치지 않고 공간영역에서 표본화 행렬을 이용하여 방향성대역영상을 바로 생성하였다. 지문영상의 개선과정에서 여러 개의 대역영상들로부터 가중치가 부여된 3개 이하의 두드러진 성분들을 이용하여 복원을 수행하고 두드러지지 않은 성분들은 차단함에 따라 잡음 성분의 영향은 감소되며 융선과 골의 대비가 강조된다. 그리고 3개 이하의 다수 개의 성분들을 이용하여 개선을 위한 복원을 수행함에 따라 비슷한 크기의 여러 방향성들이 혼재하는 특징점 및 특이점에서의 모양 및 위치정보가 왜곡되는 것을 막을 수 있다. 또한 전체 방향성들 중에서 두드러진 방향성들을 이용하여 복원을 수행함에 따라 융선중 절단된 부분이 연결되기도 한다.

그리고 특이점의 추출을 위해 원영상에 대응하는 방향성대역영상들로부터 특이점의 탐색영역을 구한다음 이 영역 내에서 특이점을 추출한다. 따라서 전체 영상 내에서 특이점을 탐색하는 경우에 비해 잡음 등에 의한 특이점의 오추출을 줄일 수 있을 뿐

만 아니라 탐색영역을 줄일수 있으므로 특이점 추출에 필요한 시간이 감소한다.

V. 결론

본 논문에서는 화소가 가지는 다중 방향성을 이용함으로써 지문영상의 개선 및 해석을 일관되게 수행하는 알고리즘을 제안한다. 지문영상의 한 화소가 가지는 방향성 성분들을 구하기 위해 주파수 변환을 거치지 않고 공간영역에서 방향성대역영상을 바로 생성하므로 여러 방향성을 이용한 지문영상 개선에 필요한 수행시간을 감소시킬 수 있다. 개선된 지문영상을 생성하기 위해 가중치가 부여된 소수개의 대역내 블록들만 사용되고 나머지 블록들은 차단됨에 따라 융선과 골의 대비가 강조된다. 그리고 2개 이상의 대역들의 블록이 개선에 사용됨에 따라 여러 방향성이 혼재하는 특징점, 특이점에서의 모양 및 위치정보가 보존된다. 방향성대역영상들로부터 특이점의 후보영역을 구한다음 특이점을 추출함에 따라 탐색을 위한 영역을 줄일 수 있으며 잡음 등에 의한 특이점의 오추출을 피할 수 있다. 지문영상의 개선을 위해 사용하는 방향성 성분들을 이용하여 이와 같이 영상분할, 방향성지도의 제작 및 특이점추출을 수행함에 따라 전체적인 처리과정들이 일관되게 수행될 수 있으므로 수행과정이 간단해지고 처리속도가 개선된다.

앞으로 방향성대역영상을 이용하여 방향성을 가지는 특이점의 정확한 추출을 위한 연구와 특징점을 추출하는 연구가 수행되어야 한다. 이러한 특이점 및 특징점 정보를 이용하여 특징점 기반 지문영상 매칭 및 지문영상의 분류에 대한 연구가 가능할 것이다. 그리고 대역 영상들의 각 원소가 가지는 다중 방향성 값들의 분포를 이용하여 개인별 지문 코드를 생성하여 개인 식별이나 판별에 적용하는 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] B.M.Mehtre, "A Minutiae Based Fingerprint Identification System", *2nd Int. Conf. Advances in Pattern Recognition and Digital Techniques, Calcutta*, 1986
- [2] B.M.Mehtre, N.N.Murthy, S.Kapoor, B.Chatterjee, "Segmentation of Fingerprint Images Using the Directional Image," *Pattern*

Recognition, 20(4), pp. 429-435, 1987

[3] B.M.Mehtre, B.Chatterjee, "Segmentation of Fingerprint Images - A Composite Method", *Pattern Recognition*, 22(4), pp. 381-385, 1989

[4] M.Tico, "A Multiresolution Method for Singular Points Detection in Fingerprint Images", *Proceedings of the 1999 IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, 4, pp. 183-186, 1999

[5] A.K.Jain, S.Prabhakar, L. Hong, "A Multi-channel Approach to Fingerprint Classification," *IEEE Trans. on PAMI*, 21(4), pp. 348-359, Apr. 1999.

[6] A.K.Jain, S.Prabhakar, L.Hong, S.Pankanti, "Filterbank-Based Fingerprint Matching" *IEEE Trans. Image Processing*, 9(5), pp. 849-859, 2000

[7] A.Wahab, S.H.Chin, E.C.Tan, "Novel Approach to Automated Fingerprint Recognition", *IEE Proc. VISP*, 145(3), pp. 160-166, 1998

[8] L.Hong, Y.Wan, A.Jain, "Fingerprint Image Enhancement Algorithm and Performance Evaluation", *IEEE Trans. on PAMI*, 20(8), pp. 777-789, 1998

[9] B.G.Sherlock, D.M.Monro, K.Millard, "Fingerprint Enhancement by Directional Fourier Filtering", *IEE Proc. VISP*, 141(2), pp. 87-94, 1994

[10] R.H.Bamberger, "The Directional Filter Bank: A Multirate Filter Bank for the Directional Decomposition of Images", PhD thesis, Georgia Institute of Technology, Nov. 1990

[11] R.H.Bamberger, M.J.T.Smith, "A Filter Bank for the Directional Decomposition of Images : Theory and Design", *IEEE Trans. on Signal Processing*, 40(4), pp. 882-893, 1992

[12] S.I.Park, M.J.T.Smith, R.M.Mersereau, "A new Directional Filter Bank For Image Analysis And Classification", *IEEE International Conference on ASSP*, 3, pp. 1417-1420, 1999

[13] 오상근, 박철현, 윤옥경, 이준재, 박길흠, "방향성 필터뱅크에 기반한 지문영상의 향상", *한국통신학회 논문지*, 27(4A), pp. 345-355, Jul. 2002

[14] C.T.Hsieh, "An Efficient Method to Extract Fingerprint Singular Point", *4th International*

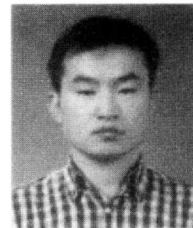
Conference/Exhibition on High Performance Computing in the Asia-Pacific Region, 2, pp. 696-699, 2000

[15] S.I.Park, M.J.T.Smith, J.J.Lee, "Fingerprint Enhancement Based on The Directional Filter Bank", *International Conference on Image Processing*, 3, pp. 793-796, 2000

[16] Y.S.Chen, W.H.Hsu, "A Modified Fast Parallel Algorithm for Thinning Digital Patterns," *Pattern Recognition Letters*, 7(2), pp. 99-106, 1988

오 상 근(Sang Keun Oh)

준회원



1996년 2월 : 경북대학교

전자공학과 졸업

1998년 2월 : 경북대학교

전자공학과 석사

1998년 3월~현재 : 경북대학교

전자공학과 박사과정

<주관심 분야> 영상처리, 영상인식, 생체인식

이 준 재(Joon Jae Lee)

정회원

한국통신학회 논문지 제22권 제5호 참조

현재 : 동서대학교 인터넷공학부 교수

박 길 흠(Kil Houm Park)

정회원

한국통신학회 논문지 제24권 제9B호 참조

현재 : 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수