

다중해상도 영상정보를 이용한 가보필터 기반 지문영상 개선

정희원 오 상 근*, 박 영 섭**, 박 철 현***, 김 범 수**, 원 종 운****, 박 길 흠*****

Fingerprint Image Enhancement Algorithm Based on Gabor Filter Using Multiresolution Image Information

Sang-Keun Oh*, Yeung-Sub Park**, Chul-Hyun Park, Bum-Su Kim, Jong-Un Won, Kil-Houm Park *Regular Members*

요 약

본 논문은 영상의 다중 해상도 정보를 이용하여 지문영상을 개선하는 새로운 방법을 제안한다. 지문영상에서 융선 진행의 변화가 심한 특이영역에서는 화소단위의 필터링을 수행하고, 완만한 변화를 보이는 영역에서는 블록 단위의 필터링을 선택적으로 수행함에 따라, 개선영상의 품질은 향상되며, 연산 량은 감소한다. 실험에 따르면 화 소단위의 필터링에 의한 개선 방법에 비하여 연산 속도는 매우 빨라졌으며, 결과영상으로부터의 특징점 인식율의 비교에 따라 개선영상의 품질이 향상됨을 확인할 수 있었다.

Key Words : fingerprint; Gabor filter; multiresolution; enhancement.

ABSTRACT

A new fingerprint image enhancement algorithm using multiresolution information and Gabor filter is proposed in this paper. The proposed algorithm performs selection of the region in image according to inclusion of singular points and then performs enhancement using Gabor filtering of the region adjusted in its size. Gabor filter using representative direction in the same block is used in the region that the direction of ridge is not changed much, while Gabor filter using pixel based direction is used in the region that the direction of ridge is changed much. This method can reduce processing time for enhancement using Gabor filter and preserve the merit of Gabor filter.

I. 서 론

현대사회는 정보화 기술 및 기기들의 발달에 의 하여 사회 여러 분야에서 대중화된 정보화 시대로 변하고 있으므로, 정보와 시설물에 대한 보안 및 개 인 인증에 대한 관심과 수요가 크게 증가하고 있다. 이에 따라 최근에는 도난, 망각, 위조, 변조의 가능 성이 매우 적은 생체측정학 (Biometrics)을 이용한 인증에 대한 관심이 크게 증가하고 있을 뿐만 아니

라 다양한 분야에서 이들이 이용되고 있다. 한편 생 체측정학에서 이용되는 지문, 홍채, 입술, 얼굴, 목 소리, 망막, 손모양 등의 생체특징들 가운데에서 지 문을 이용한 인증 방법은 다음과 같은 이유로 다른 생체특징들을 이용한 인증에 비해 널리 이용된다¹⁾. 첫째로 특징정보와 융선의 모양을 포함하는 지문 의 형태는 태어나면서부터 일생동안 변하지 않고 각 개인마다 서로 다르며, 둘째로 지문영상 획득 시 에 피험자가 느끼는 거부감이 다른 특징들에 비하

* LG전자기술원(taes@lge.com), **삼성전자, ***피듀대학교, ****한국전자통신연구소, *****경북대학교
논문번호030472-1027, 접수일자2003년 10월 27일

여 거의 없고, 셋째 로 인증과 식별을 위한 처리에 필요한 데이터의 개수가 적다.

지문영상을 인식에 이용하는 대부분의 경우에, 지문 자체의 훼손 및 지문영상획득과정에서의 왜곡으로 손상되거나 변형된 지문영상 자체 및 화질은 지문인식에 큰 영향을 준다. 인증을 위한 지문인식과 빠르고 정확한 인식을 위한 지문 영상의 분류 과정에서 가장 빈번하게 이용되는 지문구성 요소로서, 용선의 끝점 (ending)과 분기점 (bifurcation)의 위치 및 형태는 지문 표면의 일시적인 변형과 잡음에 의해 왜곡되거나 오추출 혹은 미추출 된다. 따라서 분기점과 끝점을 중요 요소로 이용하는 인식과 분류를 효과적으로 수행하기 위해서는 이들을 포함하는 지문영상의 개선 과정이 필요하다. 이러한 영상 개선을 위하여 다양한 방법들이 연구되고 사용되었는데, 그 중 널리 이용되는 개선방법이 가보필터를 이용한 방법이다. 가보필터는 기본적으로 지문영상을 구성하는 용선 으로부터 추출되는 주파수와 공간영역의 정보에 해당하는 방향성을 동시에 사용하여 필터링을 수행함에 따라 단일 정보를 이용하는 개선 방법에 비하여 신뢰성이 높은 개선 영상을 구할 수 있다. 하지만 필터링의 방법적인 면에서 특징점에서의 위치 및 모양과 같은 정보를 정확하게 보존하기 어려우며 계산 량의 부담이 크다.

본 논문에서는 가보필터에 기반을 둔 개선 방식의 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 특징점과 같이 용선의 변화가 비교적 심한 특이점 근처의 국부영상을 선택하여, 용선의 진행이 평탄한 영역에서와는 다른 정보를 이용하여 효과적으로 개선시키는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 일반적인 용선 영역에서 우수한 영상 개선 특성을 가지는 가보필터방법의 장점을 최대한 유지시키면서, 특이 점 영역에서의 우수한 개선을 수행하면서 계산 량을 감소시키는 방법이다.

기존의 가보필터 처리 시에 필터링의 대상은 영상의 화소이므로, 개개의 화소마다 방향성을 구한 다음 이를 이용하여 필터링을 수행하므로 개선 결과는 우수하나, 전체 영상에 대한 처리에 많은 시간이 소요되었다^[5]. 이러한 처리 시간의 단축을 블록 단위의 방향을 이용하는데, 해당 블록의 화소에 대하여는 공통의 방향 값을 사용해서 필터링을 수행함으로써 처리 시간을 단축시키게 된다 [5]. 한편, 블록 단위의 방향을 사용할 때에는 특징점 및 용선의 방향 변화가 심한 특이점 영역에서 용선의 모양 및 위치가 오히려 훼손되는 현상이 발생되어 특이

점이 오추출 되거나 훼손되는 문제가 발생하였다.

본 논문에서는 개선 성능이 우수한 가보필터에 기반한 기존의 두 가지 방법에서 발생하는 각각의 문제점을 해결하기 위해서 용선의 방향 변화가 거의 없는 영역에서는 블록의 방향 값을 이용하고 방향 변화가 심한 특징점 및 특이점영역에서는 선택적으로 화소단위 또는 작은 블록 단위의 방향을 이용하여 필터링을 수행하였다. 실험 결과 기존의 두 가지 방법을 각각 사용할 때 발생하던 문제점인 긴 처리 시간과 블록화 현상을 동시에 해결할 수 있었다.

본 논문의 전체적인 구성은 다음과 같다. II장에서 기존의 지문 영상 개선 방법에 대해 설명하고, III장에서는 제안하는 지문 영상 개선 방법에 대하여 기술한다. IV장에서는 III장의 과정에서 얻어진 지문 영상 개선 결과를 통하여 기존의 방법들과 제시된 알고리즘의 성능을 비교 분석한다. 마지막으로 V장에서 앞으로의 연구 방향에 대해 언급하고 결론을 맺는다.

II. 기존의 지문 영상 개선 방법

지문영상 개선을 위한 기존의 방법들로는 방향성 창 (1-D directional mask)^[3], 방향성 푸리에 필터링 (Directional Fourier filtering)^[4], 그리고 가보필터 (Gabor filtering)^[5]를 사용하는 방법 등이 있다.

이들 가운데 [3]은 1차원 방향성창을 이용하여 구한 블록내의 방향을 사용해서 방향성을 가지는 1차원 마스크로 형태학적 연산을 수행하여 영상을 개선함으로써, 소요되는 계산 시간을 줄일 수 있으나 방향성 창 of 공간적 한계성과 영상의 국부적 화질에 따른 적응적 개선이 어렵고, 개선된 영상의 특징점의 공간 정보가 변경 및 훼손된다는 단점을 가진다.

[4]는 용선의 방향성을 강조할 수 있고 잡음에 의한 영향을 줄일 수 있다는 장점이 있다. 그러나 다수개의 방향성 영상을 생성하기 위해 같은 횟수의 푸리에 역변환을 수행하므로 계산 량이 많아질 뿐 아니라, 다중 방향성을 고려키 위해 영상 개선 단계에서 특이점의 위치를 먼저 알아야 하며 더욱이 특이점으로부터 거리가 먼 특징점 부분의 구성을 위해서 한 개의 방향성 영상이 사용되므로 공간적 정보의 보존이 어렵다는 단점이 있다.

[5]는 지문 영상에서 구해지는 용선의 공간주파수와 방향성을 입력으로 사용하는 가보필터링을 이용

한다. 이 경우 개선 영상에서 특징점 및 특이점의 공간 정보의 보존성은 크게 향상되는 반면, 이를 위해서 전체 영상의 각 화소 단위로 필터링을 수행하기 때문에 처리 시간이 많이 소요된다.

III. 제안된 지문 영상 개선 방법

지문영상에서 잘 정의된 주파수와 방향성을 가진 융선과 골의 형태는 불필요한 잡음을 제거하는 것을 돕는 유용한 정보를 제공한다. 융선과 골의 화소 밝기 값의 변화는 국부의 융선영역에서 융선진행의 수직 방향으로 정현파 형태를 보이면서 천천히 변한다. 그러므로, 지문의 융선과 일치하는 주파수와 방향성에 맞춰진 대역통과필터 (band pass filter)는 효과적으로 불필요한 잡음을 제거하고 융선과 골의 구조를 보존한다. 가보필터는 주파수와 방향 선택적 특성을 가지고 있고 공간과 주파수 영역에서 최적의 결합 해상도를 가진다^{6,7)}. 따라서 잡음을 제거하고 융선과 골을 보존하기 위한 대역통과 필터로서 가보필터를 사용하는 것이 적당하다. 가보필터는 다음과 같은 일반적인 형태를 가진다.

$$K(x, y, \theta, f) = \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{x^2}{\delta_x^2} + \frac{y^2}{\delta_y^2}\right]\right\} \cos(2\pi fx) \quad (1)$$

$$x_\theta = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (2)$$

$$y_\theta = -x \sin \theta + y \cos \theta \quad (3)$$

여기에서 θ 는 가보필터의 방향성, f 는 정현파형의 주파수 그리고 δ_x, δ_y 는 x, y 축으로의 가우스 포락선의 공간상수를 나타낸다.

본 논문에서는 국부적 융선 패턴에 기반한 다중 해상도 영상정보를 사용하여 가보필터를 적용시키는 새로운 지문영상 개선 알고리즘을 제안한다. 즉, 주변블록과의 방향을 비교해서 융선의 방향 변화가 심하지 않은 영역에서는 블록의 방향 값을 사용하고, 특이점이나 융선의 방향 변화가 심한 특징점과 같은 영역에서는 선택적으로 화소 단위 혹은 작은 블록 단위의 방향을 사용한다. 따라서 개선 영상에서 특징점, 특이점의 공간 정보 보존 및 처리 시간 단축이라는 두 가지 장점을 가지므로, 우수한 영상 개선 특성을 가지는 기존의 가보필터의 장점을 최대한 유지시키면서 단점인 긴 처리 시간을 단축시킬 수 있다. 제안한 방법을 흐름도로 나타내면 그림 1과 같다.

본 논문에서는 국부적 융선 패턴에 기반한 다중

해상도 영상정보를 사용하여 가보필터를 적용시키는 새로운 지문영상 개선 알고리즘을 제안한다. 즉, 주변블록과의 방향을 비교해서 융선의 방향 변화가 심하지 않은 영역에서는 블록의 방향 값을 사용하고, 특이점이나 융선의 방향 변화가 심한 특징점과 같은 영역에서는 선택적으로 화소 단위 혹은 작은 블록 단위의 방향을 사용한다. 따라서 개선 영상에서 특징점, 특이점의 공간 정보 보존 및 처리 시간 단축이라는 두 가지 장점을 가지므로, 우수한 영상 개선 특성을 가지는 기존의 가보필터의 장점을 최대한 유지시키면서 단점인 긴 처리 시간을 단축시킬 수 있다. 제안한 방법을 흐름도로 나타내면 그림 1과 같다.

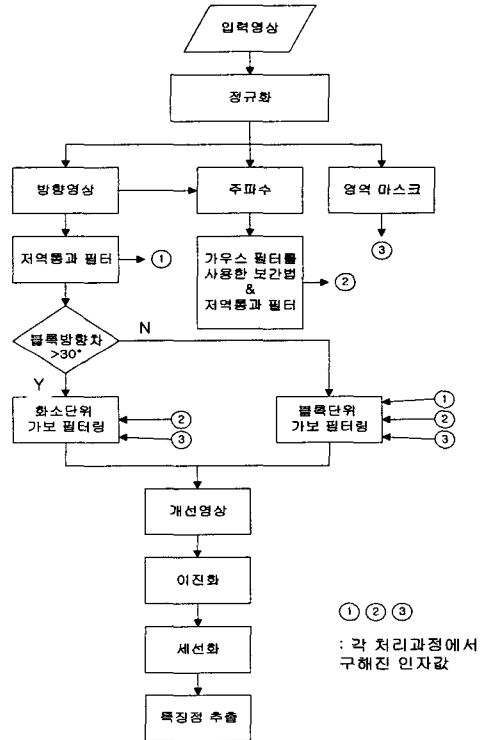


그림 1. 제안한 알고리즘

3.1. 정규화

정규화의 목적은 융선과 골에서의 화소 밝기 값의 변동치를 일정한 범위내로 묶으로써, 이어지는 과정에서 방향 값과 같은 계산 요소들의 변동치를 조절 가능케 함에 따라 영상 개선의 성능을 높이는 것이다.

$$\alpha(i, j) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{VAR_0(K(i, j) - M)^2}{VAR}} & \text{if } K(i, j) > M \\ M_0 - \sqrt{\frac{VAR_0(K(i, j) - M)^2}{VAR}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

단, $I(i, j)$ 는 (i, j) 위치에서의 화소 밝기값을 나타내고, M 과 VAR 은 추정된 평균과 분산값을 나타낸다. $G(i, j)$ 는 (i, j) 위치 화소의 정규화된 화소 밝기 값을 나타낸다. 여기서, M_0 과 VAR_0 는 미리 정해진 평균과 분산값이고 각각 100을 사용한다.

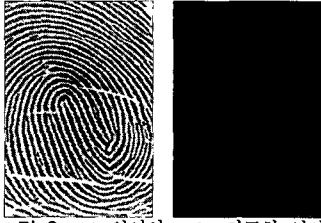


그림 2. (a) 원영상, (b) 정규화 영상

3.2. 방향 영상

입력 영상의 응선 구조로부터 방향 패턴을 구하는 많은 방법들이 제안되었다. 본 논문에서는 그 중 다음과 같은 과정으로 방향 패턴을 구한다.

- 1) $M \times N$ 화소 크기의 영상을 $w \times w$ 화소 크기의 부 블록으로 나눈다. 본 논문에서는 16×16 화소 크기의 부 블록으로 나누었다.
- 2) 각 화소에서의 국부기울기 (local gradient) G_x , G_y 를 계산한다. 본 논문에서는 3×3 화소 크기의 소벨 연산자 (Sobel operator)를 사용하였다.
- 3) 각 블록의 중심 화소 (i, j) 의 대표 방향 $O(i, j)$ 를 계산하여 부 블록의 방향패턴으로 정한다^[8].

$$\alpha(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left[\frac{\sum_{u=j-u/2}^{j+u/2} \sum_{v=i-v/2}^{i+v/2} 2G_x(i, j)G_y(i, j)}{\sum_{u=j-u/2}^{j+u/2} \sum_{v=i-v/2}^{i+v/2} (G_x^2(i, j) - G_y^2(i, j))} \right] \quad (5)$$

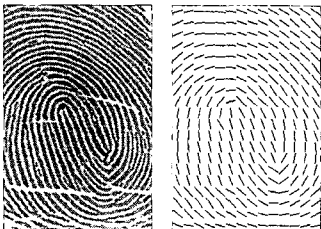


그림 3. (a) 원영상, (b) 방향 영상

3.3. 주파수 결정

특징점과 특이점이 아닌 국부 영역에서, 응선과 골을 이루는 화소 밝기 값은 응선 진행의 수직 방향으로 정현파형을 나타내므로, 국부 응선 주파수는

정현파가 가지는 주파수로 정한다^[5]. 특징점과 특이점이 국부 영역에 없는 경우에 화소 밝기 값이 나타내는 주파수 (Ω)는 지문의 주파수와 같으며 계산 과정은 식 (6)과 같다.

$$\Omega(i, j) = 1/T(i, j) \quad (6)$$

여기에서, $\Omega(i, j)$ 는 주파수, $T(i, j)$ 는 중심화소가 (i, j) 인 블록내에서, 응선의 진행방향으로 투영된 화소들의 누적된 밝기 값을 응선 진행의 수직 방향 배열의 각 원소에 할당했을 때, 두 개의 연속적인 최대점 사이 화소의 평균개수를 나타낸다.

3.4. 다중해상도 영상정보를 이용한 가보필터링

3.4.1. 단일해상도 가보필터 처리방법의 문제점

단일해상도의 영상정보를 이용하는 가보필터 처리 방법에서 이용되는 방향 값은 화소 단위의 방향이나 블록 단위의 방향이다. 화소 단위의 방향을 이용하는 경우에는, 각 화소마다 방향을 구하는 창을 사용하기 때문에 전체 가보필터링에 소요되는 수행 시간이 길다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 블록 단위의 방향을 이용하는데, 이 경우에는 블록을 대표하는 방향을 계산하고 해당 블록내에 존재하는 화소에 대해서는 공통의 방향을 적용하기 때문에 전체 가보필터링에 소요되는 처리 시간이 적지만, 특징점 및 특이점을 포함하는 영역에서와 같이 응선의 방향 변화가 큰 영역에서는 블록방향을 이용한 가보필터링을 이용한 결과 응선의 공간 정보가 왜곡되는 문제점이 있다.

그림 4 (a)를 단일해상도의 블록 방향을 사용한 가보필터를 이용하여 개선한 경우에는 그림 4 (b)의 원으로 표시된 부분에서처럼 원영상의 지문 응선의 흐름이 왜곡되고, 지문의 공간 정보가 훼손됨을 확인할 수 있다. 이는, 원으로 표시된 부분과 같이 지문 응선의 방향 변화가 심한 영역에서는, 블록 단위의 방향으로는 지문 응선의 방향을 충분히 표현하지 못하기 때문이다. 반면에, 그림 4 (b)에서 원으로 표시되지 않은 부분에서는 지문의 공간 정보가 훼손되지 않고 응선과 골의 대비 및 흐름이 개선됨을 확인할 수 있다. 그러므로, 응선의 방향 변화가 심하지 않은 영역에서는 블록 단위의 방향을 사용하고, 응선의 방향 변화가 큰 영역에서는 공간 정보의 훼손을 줄일 수 있는 방법을 선택적으로 사용해야 함을 알 수 있다.



그림 4. (a) 원영상, (b) 단일해상도의 블록 방향을 사용해서 개선한 영상

3.4.2. 다중해상도의 방향 값을 사용

단일해상도의 방향을 사용해서 가보필터 처리시 발생하는 문제점을 해결하기 위해서 다중해상도의 방향을 사용하는데, 이는 지문 영상을 구성하는 영역별로 다른 해상도의 방향 값을 사용하는 것이다. 즉, 융선의 방향 변화가 심하지 않은 영역에서는 블록 단위의 방향값을 사용해서 가보필터 처리를 하고, 융선의 방향 변화가 심한 특이점이나 특징점 영역에서는 화소 단위 혹은 작은 블록 단위의 방향을 사용한다. 방향을 고려하기 위한 블록과 인접 블록들 사이의 방향 값의 차이가 임계치보다 큰 경우에는 화소 단위 혹은 작은 블록 단위의 방향을 사용하고 그렇지 않은 경우에는 블록단위의 방향을 이용하는데, 임계치로는 30도를 채택한다.

	d_5	d_6	d_7
	d_4	d	d_0
	d_3	d_2	d_1

그림 5. 블록간의 방향차를 구하기 위해 사용된 방법

그림 5에서 처리에 이용하는 블록의 크기는 16×16 화소 크기이다. d 는 처리블록의 방향을 표시하고 d_0 에서 d_7 까지의 d_i 값은 주변블록의 방향을 나타낸다. 처리블록의 방향인 d 와 주변블록의 방향인 d_i 의 차의 절대값이 임계치보다 큰 경우가 존재하면 처리블록 d 를 화소 단위 혹은 작은 블록 단위의 방향을 적용한 가보필터를 사용해서 영상을 개선하고, 그렇지 않은 경우에는 처리블록 d 를 블록 단위의 방향을 적용한 가보필터를 사용해서 개선한다. 여기서 30도는 실험을 통해서 얻어진 경험치이다.

제안하는 방법 및 기존의 방법을 이용하여 개선한 결과는 그림 6과 같다. 그림 6의 (b), (e)는 원영상을 단일해상도의 블록 방향을 사용한 가보필터를 사용해서 개선한 영상, 그림 6의 (c), (f)는 원영상을 다중해상도의 방향을 사용한 가보필터를 사용해서 개선한 영상을 나타낸다. 그림 6의 (b), (e)영상에서는 융선의 변화가 큰 특이점 및 특징점 영역에서 지문융선의 흐름이 왜곡되어 공간 정보가 훼손됨을 확인할 수 있다. 반면에 그림 6의 (c), (f)에서는 특이점 및 특징점 영역에서 지문 융선이 훼손되지 않고 개선되어서 그림 6의 (b), (e)에서 나타난 문제점이 개선됨을 확인할 수 있다.

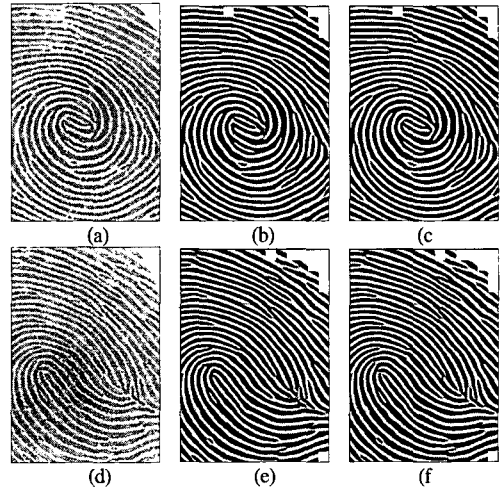


그림 6. (a), (d) 원영상, (b), (e) 단일해상도의 블록방향을 사용해서 개선한 영상, (c), (f) 다중해상도의 방향을 사용해서 개선한 영상

3.5. 세선화 및 특징점 추출

정합에 사용할 특징점을 추출하기 위해, 개선된 영상을 이진화하고 한 화소 굵기의 영상으로 세선화한다. 본 논문에서는 세선화를 위해 Chen과 Hsu가 제안한 방법^[11]을 사용한다. 이 방법은 경계 잡음에 강하고, 심각한 선의 잠식과 선 연결성 문제를 해결한 알고리즘이다.

세선화후 특징점 추출을 위한 마스크를 사용해서 지문의 끝점과 분기점을 추출한다. 세선화 및 특징점 추출의 결과는 그림 7과 같다. 그림에서 원으로 표시된 부분에서와 같이 제안하는 방법이 기존의 블록 방향을 이용하는 단일해상도 방법에 대해 특징점의 정보를 잘 보존할 수 있다. 제안하는 영상 개선 방법을 적용시킨 개선의 결과를 정량적으로 평가하기 위해, 특징점 추출의 결과를 GI

(Goodness index)로 나타낸다¹²⁾. 특징점 추출결과로부터 GI를 계산하는 과정은 식 (7)과 같다.

$$GI = \frac{\text{정추출된 특징점 개수} - \text{오추출된 특징점 개수}}{\text{특징점의 총 개수}} \quad (7)$$

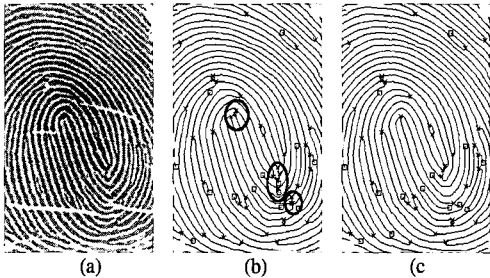


그림 7. (a) 원영상, (b) 블록 방향으로 개선한 영상의 세션화 및 특징점 추출의 결과, (c) 다중해상도 방향으로 개선한 영상의 세션화 및 특징점 추출의 결과

IV. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서는 다중해상도 방향값을 이용해서 가보필터 처리하는 방법과 기존의 단일해상도의 방향값인 화소 단위의 방향과 블록 단위의 방향을 각각 사용해서 가보필터 처리하는 방법을 비교하였다. 각각의 방법에 대해 처리된 개선 결과는 GI (Goodness index)값과 처리 시간으로 비교하였다. 실험은 Pentium III 800MHz 의 CPU 속도를 가지는 IBM 호환 PC에서 Visual C++ 6.0 언어를 사용하여 구현하였으며 지문 영상의 획득은 휴노 테크놀로지사의 지문 입력기 (MagicSecure 2000)를 이용하였으며 364×256 화소 크기와 256 화소 밝기값을 갖는 총 100장의 영상을 사용하였다.

실험에서 사용된 가보필터로는 16방향으로 양자화된 33×33 화소 크기를 가지는 필터를 사용하였다. 개선 과정에서 필요한 원영상의 방향은 단일해상도의 방향과, 다중해상도를 적용한 방향을 이용하였으며, 그 결과를 비교하였다. 여기서, 다중해상도는 블록 단위의 방향과 화소 단위의 방향을 같이 사용한 것과, 블록 단위의 방향과 2×2크기 (소블록) 단위의 방향을 같이 사용한 것으로 실험을 수행하였다.

가보필터 처리시 전체 영상을 16×16 화소 크기의 블록으로 나누어서 처리를 수행했다. 처리블록의 크기가 8×8과 32×32인 경우도 실험을 수행했지만 8×8인 경우는 외부 잡음에 의해 영상의 방향값이 쉽게 왜곡되었고, 32×32인 경우에는 특징점이나 특이점 부분의 공간 왜곡이 심해서 실험 결과에 대한

비교 대상에서 제외시켰다. 임의로 선택한 각각 다른 8장의 영상에 대한 실험 결과를 그림 8에 나타낸다.

그림 8 (b)는 원영상에 대해서 블록 방향을 사용한 가보필터로 개선한 영상에 대해서 세션화 및 특징점 추출을 수행한 결과 영상이다. 그림 8 (c)는 다중해상도 방향을 사용한 가보필터로 개선한 영상에 대해서 세션화 및 특징점 추출을 수행한 결과 영상이다. 그림 8 (b) 영상에서는 블록 방향을 사용했기 때문에 지문윤선의 방향 변화가 큰 특이점영역에서 공간 정보가 훼손된 결과로써 원영상에는 없는 특징점이 검출되고, 원영상에 존재하는 특징점은 검출하지 못함을 확인할 수 있다. 반면, 그림 8 (c)영상에서는 다중해상도 방향을 사용하여 특이점영역에서 공간 정보의 훼손이 없어서 그림 8 (b)영상에서 나타나는 문제점을 해결함을 확인할 수 있다.

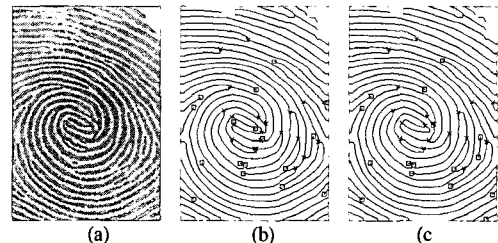


그림 8. (a) 원영상, (b) 블록 방향으로 개선한 영상의 세션화 및 특징점 추출, (c) 다중해상도 방향으로 개선한 영상의 세션화 및 특징점 추출

표 1은 기존의 단일해상도의 방향 값을 적용한 가보필터를 사용해서 개선된 영상의 GI값으로서, 블록 방향을 사용한 가보필터 사용시 GI값의 평균값은 0.33이고 화소 단위의 방향을 사용한 가보필터 사용시 GI값이 0.55임을 알 수 있다. 즉, 블록 방향을 사용하는 경우 윤선의 방향이 급격히 변하는 특이점 및 특징점 영역에서 공간 정보의 왜곡이 발생하고, 결과적으로 GI값이 크게 작아지고 특이점 및 특징점 정보의 손실, 왜곡이 발생함을 알 수 있다.

표 2는 제안한 다중해상도의 방향 값을 사용한 가보필터를 이용해서 개선된 영상의 GI값으로서 블록과 화소의 방향을 같이 사용한 경우와 블록과 소블록의 방향을 같이 사용한 경우의 GI값의 평균이 각각 0.54 와 0.50임을 나타낸다. 즉, 단일해상도의 블록 방향을 사용한 경우에 비해서 공간 왜곡이 작게 발생하고 결과적으로 GI값이 단일해상도의 화소 방향을 사용한 경우와 거의 같음을 확인할 수 있다.

표 3은 기존의 단일해상도의 방향 값을 적용한 가보필터를 사용시 소요되는 시간으로서, 블록 방향을 사용한 가보필터 사용시 소요시간의 평균값은 1.54초이고 화소 단위의 방향을 사용한 가보필터 사용시 소요시간의 평균값은 16.68초임을 알 수 있다. 즉, 단일방향의 화소 방향을 사용시는 화소마다 방향을 구하기 위해 새로운 창을 사용하므로 처리 시간이 많이 소요됨을 알 수 있다.

표 4는 제안한 다중해상도의 방향 값을 적용한 가보필터를 사용시 소요되는 시간으로서, 블록과 화소의 방향을 같이 사용한 경우와 블록과 소블록의 방향을 같이 사용한 경우의 소요시간의 평균이 각각 5.17초와 1.86초임을 알 수 있다. 즉, 다중해상도의 블록과 소블록을 사용한 경우는 단일해상도의 블록 방향을 사용한 경우와 소요시간이 거의 같음을 알 수 있다.

표 1. 단일해상도의 방향 값을 사용해 가보 필터링한 영상의 GI값

Image Resolution	1	2	3	4	5	6	7	8	Mean	Var
Block	0.64	0.53	0.42	0.37	0.25	0.17	0.14	0.13	0.33	0.03
Pixel	0.82	0.68	0.64	0.70	0.35	0.44	0.22	0.51	0.55	0.04

표 2. 다중해상도의 방향 값을 사용해 가보 필터링한 영상의 GI값

Image Resolution	1	2	3	4	5	6	7	8	Mean	Var
Block + Pixel	0.82	0.66	0.67	0.68	0.35	0.43	0.22	0.50	0.54	0.04
Block + Miniblock	0.76	0.69	0.60	0.61	0.35	0.34	0.20	0.48	0.50	0.03

표 3. 단일해상도의 방향 값을 사용해 가보 필터링시 소요시간 (단위:초)

Image Resolution	1	2	3	4	5	6	7	8	Mean
Block	1.54	1.54	1.49	1.54	1.60	1.43	1.65	1.54	1.54
Pixel	17.58	17.2	15.88	17.08	16.97	15.33	16.64	16.81	16.68

표 4. 다중해상도의 방향 값을 사용해 가보 필터링시 소요시간 (단위:초)

Image Resolution	1	2	3	4	5	6	7	8	Mean
Block + Pixel	4.72	6.65	5.71	6.87	6.53	6.37	3.95	4.89	5.71
Block + Miniblock	1.70	1.87	1.98	2.03	1.98	1.87	1.70	1.81	1.86

V. 결 론

본 연구에서는 다중해상도의 방향을 적용한 가보필

터를 이용해서 지문영상을 개선하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘의 효용성을 검토하기 위해 기존의 단일해상도와 제안된 다중해상도의 방향을 적용한 가보필터로 실험을 수행하고 처리된 영상의 GI값과 처리 시간을 비교 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 단일해상도의 블록 방향을 사용한 가보필터로 영상 개선시에 왜곡 현상이 발생하는 문제점이 있으나, 제안된 방법을 사용하는 경우에 영상 왜곡이 현저히 개선된다.
2. 단일해상도의 화소 방향을 사용한 가보필터로 영상 개선시 처리 시간이 많이 소요되나 제안한 다중해상도의 블록과 소블록을 함께 적용한 방법을 사용시 처리 시간이 빨라진다.
3. 제안한 방법은 기존의 단일해상도 방법을 사용할 때 발생하던 공간 왜곡과 긴 처리 시간의 두 가지 문제를 동시에 해결할 수 있는 영상 개선 방법으로 적용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] H. C. Lee and R. E. Gaensslen (Eds.), "Advances in fingerprint technology," Elsevier, 1991.
- [2] E. Newham, "The biometric report," New York, NY: SJB Services, 1995.
- [3] A. Wahab and etc., "Novel approach to automated fingerprint recognition," *IEE Proc.-Vis. Image Process.*, vol 145, no.3, June 1998.
- [4] B.G. Sherlock and etc., "Fingerprint enhancement by directional fourier filtering," *IEE Pro.-Vis. Image Signal Process.*, vol.141, no.2, April 1994.
- [5] L. Hong and etc., "Fingerprint image enhancement : algorithm and performance evaluation," *IEEE Trans. on Pattern Anal. and Machine Intell.*, vol.20, no.8, August 1998.
- [6] J. G. Daugman, "Uncertainty relation for resolution in space, spatial frequency, and orientation optimized by two dimensional visual cortical filters," *J. Optical Soc. Am.*, vol. 2, pp. 1, 160-1,169, 1985.
- [7] A. K. Jain and etc., "Unsupervised texture

- segmentation using gabor filters," *Pattern Recognition*, vol. 24, no. 12, pp. 167-186, 1991.
- [8] A. Rao, "A taxonomy for texture description and identification," *New York, NY:Springer-Verlag*, 1990.
- [9] G. Sapiro and etc., "A b-spline based affine invariant multiscale shape representation," *Proc. Seventh Int'l Conf. Image Analysis and Processing III*, pp. 20-22, Monopoli, Italy, 1993.
- [10] 이준재 등., "다해상도 방향성 정보를 이용한 지문영상의 특이점 추출," *한국 통신학회 논문지*, vol.22 no.5, May 1997.
- [11] Y. S. Chen and etc., "A modified fast parallel algorithm for thinning digital patterns," *Pattern Recognition Letters*, vol. 7, no.2, pp. 99-106, 1988.
- [12] N. Ratha, and etc., "Adaptive flow orientation based feature extraction in fingerprint images," *Pattern Recognition*, vol. 28, no. 11, pp. 1657-1672, 1995.

오 상 근(Sang-keun Oh) 정회원
한국통신학회 논문지 제27권 8A호 참조
현재 : LG전자기술원 선임연구원

박 영 섭(Young-Sub Park) 정회원
2001년 2월 : 경북대학교 전자
전기공학부 졸업
2003년 2월 : 경북대학교 전자
공학과 공학석사
2003년 2월~현재 : 삼성전자
디지털미디어연구소 AV
Application Lab. 연구원
<주관심분야> 지문영상 화질개선



박 철 현(Chul-hyun Park) 정회원
한국통신학회 논문지 제28권 9C호 참조
현재 : 퍼듀대학교(미) 박사후과정

김 범 수(Bum-Soo Kim) 정회원
한국통신학회 논문지 제27권 11A호 참조
현재 : 삼성전자 책임연구원

원 종 운(Jong-Un Won) 정회원
한국통신학회 논문지 제25권 12호 참조
현재 : 한국전자통신연구소 선임연구원

박 길 흠(Kil-houm Park) 정회원
한국통신학회 논문지 제28권 9C호 참조
현재 : 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수