

푸리에변환을 리용한 한가지 지문화상릉선밀도추정방법

리 광 일

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《정보산업을 빨리 발전시키고 인민경제의 모든 부문을 정보화하여야 합니다.》

(《김정일선집》 증보판 제20권 380페이지)

지문화상의 룡선밀도추정의 정확성은 지문화상에 대한 전처리강조와 특징추출, 지문 대조의 정확성과 안정성을 좌우하는 중요한 지표의 하나이다.

선행연구[1, 2]에서는 지문화상의 매 블록에 대하여 룡선방향을 구한 다음 매 블록의 중심점을 중심으로 하고 변들이 룡선방향과 그것에 수직인 방향에 평행인 직각각형 화상에서 룡선방향에 따르는 화소값합을 구하여 1차원벡토르를 얻고 이 벡토르의 국부극대점을 구하여 룡선들의 중심위치를 구하였으며 그것들사이의 거리를 구하는 방법으로 룡선밀도를 추정하였다.

선행연구[3]에서는 2차원푸리에변환을 리용하여 룡선밀도를 추정하였다. 여기서는 론의하는 점을 중심으로 하는 블록화상의 2차원푸리에변환의 극자리표표현을 $F(r, \theta)$ 라고 하고 이 점근방에서의 룡선밀도에 대한 추정값을 다음과 같이 계산하였다.

$$p(r, \theta) = |F(r, \theta)| \bigg/ \iint_{r, \theta} |F(r, \theta)| dr d\theta, \quad p(r) = \int_{\theta} p(r, \theta) d\theta, \quad E\{r\} = \int_r p(r) dr$$

여기서 $E\{r\}$ 는 론의하는 점에서의 룡선간격에 대한 추정값이다.

선행연구[1, 2]의 방법은 계산량이 적고 실행이 간단하지만 국부극대점의 추정이 잡음의 영향을 크게 받으므로 전체적인 밀도추정이 불안정한 부족점을, 선행연구[3]의 방법은 잡음에 대한 안정성은 일정하게 있으나 연산량이 많은 부족점을 가지고있다.

본문에서는 지문화상의 룡선밀도를 고속으로 안정하게 추정할수 있는 한가지 알고리즘을 제기한다.

1. 지문화상의 초기강조

여기서는 지문화상의 룡선방향 및 룡선밀도추정의 정확성을 높이기 위하여 지문화상에 대하여 진행되는 초기강조처리에 대하여 론의한다.

지문화상이 $\{I_0(i, j) | 0 \leq i < M, 0 \leq j < N\}$ 과 같이 주어졌다고 하자. 여기서 $I_0(i, j)$ 는 0부터 255사이의 옹근수값을 가지며 M 은 지문화상의 높이, N 은 너비이다.

1	1	1
1	1	1
1	1	1

그림 1. 임펄스응답

먼저 지문화상에 대하여 그림 1을 임펄스응답으로 하는 저대역통과려파를 진행하여 평활화된 화상

$$\{I_1(i, j) | 0 \leq i < M, 0 \leq j < N\}$$

을 얻는다. 즉

$$ID(i, j) = \{(i, j) \mid |i_1 - i| \leq 1, |j_1 - j| \leq 1, 0 \leq i_1 \leq M, 0 \leq j_1 < N\}$$

이라고 놓으면 $I_1(i, j) = \frac{1}{|ID(i, j)|} \sum_{(i_1, j_1) \in ID(i, j)} I(i_1, j_1)$ 이다. 여기서 $|ID(i, j)|$ 는 모임 $ID(i, j)$ 의 원소개수를 표시한다.

우에서 얻은 평활화된 지문화상에 대하여 그 임펄스응답이 그림 2와 같은 려파를 진행한다.

		-5	-5	-5		
	-5				-5	
-5						-5
-5			80			-5
-5						-5
	-5				-5	
		-5	-5	-5		

그림 2. 평활화된 지문화상에 대한 임펄스응답

그림 2에서 빈칸은 령값을 의미한다.

이 려파기는 지문화상의 룡선들사이의 평균간격에 대응하는 주파수성분들만을 통과시키는 대역통과려파기로서 그 주파수응답은 근사적인 고리형모양을 가진다.

이 려파기를 통과하여 얻은 화상을 $\{I_2(i, j) \mid 0 \leq i < M, 0 \leq j < N\}$ 이라고 놓자.

이로부터 화상 $\{I_3(i, j) \mid 0 \leq i < M, 0 \leq j < N\}$ 을 다음과 같이 얻는다.

$$\text{Val} = I_2(i, j) + 128$$

$$\text{If } \text{Val} < 0 \Rightarrow \text{Val} = 0$$

$$\text{If } \text{Val} > 255 \Rightarrow \text{Val} = 255$$

$$I_3(i, j) = \text{Val}$$

지문화상에 대하여 우와 같은 초기강조처리를 하면서 지문화상에 대한 잡음제거처리와 마른 지문 및 젖은 지문에 대한 강조처리를 진행함으로써 룡선방향 및 밀도추정의 정확성을 높인다.

2. 지문릉선밀도의 추정

방향을 x 축으로 놓고 매 x 자리지문릉선밀도의 추정은 4×4 블록을 단위로 하여 진행한다.

이제 앞에서 서술한 전처리강조를 진행하여 얻은 화상 I_3 과 4×4 블록을 단위로 하여 계산된 방향마당이 주어졌다고 가정하자.

이때 방향마당은 0부터 180° 사이의 값을 가진다.

$$\{O(i, j) \mid 0 \leq i < M/4, 0 \leq j < N/4\}$$

룡선방향은 잘 알려진 그라디언트에 의한 방법을 리용하여 추정한다.

매 4×4 블록의 가운데점을 중심으로 하고 그 블록의 룡선방향과 그것에 수직인 방향에 각각 평행인 변을 가지는 크기가 16×11 인 직4각형을 론의한다. 여기서 11은 직4

각형의 높이이고 16은 직4각형의 너비이다.

높이방향을 y 축으로, 너비방향을 x 축으로 놓고 매 x 자리표를 고정하고 y 자리표를 변화시키면서 화소값의 합을 구하여 16차원벡토르 $\{V(i) | 0 \leq i < 16\}$ 을 얻는다.

(i_0, j_0) 을 블록 (i, j) 의 중심점이라고 하고 $\varphi = O(i, j)$ 를 블록 (i, j) 의 룽선방향이라고 하면 벡토르 V 를 얻는 구체적인 식은 다음과 같다.

$$V(k) = \frac{1}{11} \sum_{d=0}^{10} I_3(u, v), k=0, \dots, 15$$

여기서 $v = j_0 + (d-5)\cos\varphi + (k-8)\sin\varphi$, $u = i_0 + (d-5)\sin\varphi - (k-8)\cos\varphi$ 이다.

다음 얻어진 벡토르 V 에 대하여 리산푸리에변환을 진행하여 벡토르 \hat{V} 을 얻는다.

$$\hat{V}(k) = \sum_{n=0}^{15} V(n) \exp\left(-\frac{i2\pi kn}{16}\right), k=0, \dots, 15$$

이제 $\hat{V}(k)$ 의 절대값을 $|\hat{V}|$ 으로 표시하자.

블록 (i, j) 에 대한 초기밀도추정값은 다음과 같이 계산한다.

$$Den^0(i, j) = 32 \cdot \frac{|\hat{V}(1)|^2 + 2|\hat{V}(2)|^2 + 3|\hat{V}(3)|^2 + 4|\hat{V}(4)|^2}{|\hat{V}(1)|^2 + |\hat{V}(2)|^2 + |\hat{V}(3)|^2 + |\hat{V}(4)|^2}$$

만일 분모가 0으로 되면 $Den^0(i, j)$ 에 적당한 기정값을 준다.

결과 초기밀도추정화상 $\{Den^0(i, j) | 0 \leq i < M/4, 0 \leq j < N/4\}$ 이 얻어진다.

다시 이 초기밀도화상에 대하여 임펄스응답이 그림 1과 같은 저대역통과려과를 진행하여 최종적인 밀도화상 $\{Den^1(i, j) | 0 \leq i < M/4, 0 \leq j < N/4\}$ 을 얻는다.

지문룽선밀도추정의 정확성을 평가하는것이 어려우므로 논문에서는 룽선밀도추정의 정확성을 최종적인 지문인식정확도를 가지고 평가하였다. 다시말하여 지문화상의 특징추출단계에서 다른 부분은 고정하고 지문룽선밀도의 추정부분만을 교체하면서 자료기지들에서의 지문인식성능을 평가하였다.

자료기지들에서 선행방법들과 논문의 방법에 의한 등오유폭은 표와 같다.

표. 등오유폭평가

	선행방법[1, 2]	선행방법[3]	논문의 방법
자료기지 1	0.33%	0.21%	0.18%
자료기지 2	0.70%	0.43%	0.38%

한편 논문의 방법에 의한 룽선밀도추정속도는 선행연구[3]에서보다 3배이상 빠르다.

참 고 문 헌

- [1] J. Choudhary et al.; Int. J. Comp. Tech. Appl., 2, 6, 1859, 2011.
- [2] Xue Jun Tao et al.; International Symposium on Photoelectronic Detection and Imaging, 7383, 785, 2009.
- [3] S. Chikkerur et al.; Pattern Recognition, 40, 1, 198, 2007.

주체104(2015)년 9월 5일 원고접수

A Method for Estimation of Ridge Density of Fingerprint Image using Fourier Transform

Ri Kwang Il

We study the method for estimation of ridge density of fingerprint image. We propose the method that firstly performs initial enhancement using the band-pass filter and then estimates the ridge density using one-dimensional Fourier transform. The proposed method is fast and stable.

Key words: fingerprint image, ridge density