

## 지문륜선방향추정을 위한 무게불은 그라디언트방법

장광호, 신창현

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《선진과학기술을 받아들이기 위한 사업을 적극적으로 벌려야 하겠습니다.

선진과학기술을 받아들이는것은 나라의 과학기술을 빨리 발전시키기 위한 중요한 방도의 하나로 됩니다.》(《김정일선집》 증보판 제15권 499~500페이지)

지문륜선방향을 정확히 추정하는것은 지문인식의 성능을 높이는데서 중요한 단계로 된다.

선행연구들[1-4]에서와 같이 지문륜선방향마당에 대한 연구가 많이 진행되었지만 그것을 정확하게 효율적으로 계산하는것은 여전히 어려운 문제로 남아있다.

논문에서는 지문륜선방향을 추정하는 그라디언트방법을 개선하기 위한 한가지 방법을 제안한다.

지문농담화상을  $I(x, y)$  라고 하자.

지문륜선방향  $\theta_{xy}$ 는 화소  $(x, y)$ 를 중심으로 하는 근방에서 지문륜선이  $x$ 축과 이루는 각이다.

화소  $(x, y)$ 에서  $I$ 의 그라디언트  $\text{grad}I(x, y) = \nabla(x, y)$ 는 2차원벡토르

$$(\nabla_x(x, y), \nabla_y(x, y))$$

이다. 여기서  $\nabla_x$ 와  $\nabla_y$ 는 각각  $I$ 의  $x$ 에 관한 편도함수와  $y$ 에 관한 편도함수이다.

그라디언트방향은 농담값의 최대변화방향을 가리킨다. 따라서

$$\theta_{xy} = \angle \nabla(x, y) \pm 90^\circ \quad (1)$$

이다. 여기서  $\angle$ 는 2차원벡토르에 대하여  $x$ 축과 이루는 각이다. 즉  $\alpha$ 를 2차원벡토르라고 하면  $\alpha = |\alpha|(\cos \angle \alpha, \sin \angle \alpha)$ 이다.

편도함수  $\nabla_x$ 와  $\nabla_y$ 는 Sobel러파기를 리용하여 계산한다.

그라디언트를 계산할 때 지문화상에 섞여있는 잡음으로부터의 영향을 적게 받도록 하기 위하여 배각하여 얻어지는 마당을 추정한 다음 반각하는 방법을 리용한다.

2차원벡토르  $(x, y)$ 를 복소수평면에서 복소수  $x + yi$ 로 볼수 있다.

이때  $\angle(x, y)$ 는 복소수  $x + yi$ 의 편각과 같고 벡토르의 길이는 복소수의 절대값과 같다.

복소수를 2제곱하면 편각은 2배가 된다.

$$(x + yi)^2 = x^2 - y^2 + 2xyi \text{ 이므로 벡토르마당}$$

$$d = (\nabla_x(x, y)^2 - \nabla_y(x, y)^2, 2\nabla_x(x, y)\nabla_y(x, y)) \quad (2)$$

를 생각하면  $\angle d = 2\angle \nabla$ 이다.

평활화하면

$$\bar{d} = \frac{1}{n^2} \left( \sum_W \nabla_x(x, y)^2 - \nabla_y(x, y)^2, 2 \sum_W \nabla_x(x, y) \nabla_y(x, y) \right) \quad (3)$$

이다. 여기서  $W$ 는  $n \times n$ 개의 화소로 이루어진 창문이다.

다음의 식으로 결정되는 수값을 창문의 중심화소에 대응시킬수 있는데 이 값을 응집도라고 부른다.

$$r = \frac{\left| \sum_W d \right|}{\sum_W |d|} \quad (4)$$

응집도의 정의로부터 항상  $0 \leq r \leq 1$ 이 성립된다는것을 쉽게 알수 있다.

응집도는 평활화하여 얻어진 벡토르마당  $\bar{d}$ 의 정확도를 평가해준다.

응집도가 1이면 창문안의 모든 그라디언트가 같은 방향이라는것을, 0이면 무질서하다는것을 의미한다.

식 (2)를 식 (4)에 대입하면

$$r = \frac{\sqrt{(G_{xx} - G_{yy})^2 + 4G_{xy}^2}}{G_{xx} + G_{yy}} \quad (5)$$

이다. 여기서  $G_{xx} = \sum_W \nabla_x(x, y)^2$ ,  $G_{yy} = \sum_W \nabla_y(x, y)^2$ ,  $G_{xy} = \sum_W \nabla_x(x, y) \nabla_y(x, y)$ 이다.

$G_{xx}$ ,  $G_{yy}$ ,  $G_{xy}$ 를 리용하여  $\bar{d}$ 를 표시하면 다음과 같다.

$$\bar{d} = (G_{xx} - G_{yy}, 2G_{xy}) \quad (6)$$

계산량을 줄이기 위하여 매 화소에서 룽선방향을 계산하지 않고 화상을 블록으로 나누고 블록마다 응집도  $r_{ij}$ 와  $\bar{d}_{ij}$ 를 계산한다.

주목하는 블록을 중심으로 하는 블록들의 창문  $U$ 를 생각한다. 창문  $U$ 는  $m \times m$ 개의 블록으로 이루어졌다.

무게결수가 없이 그냥 창문  $U$ 에서 평활화한다고 가정하자.

$$\begin{aligned} \sum_U \bar{d}_{ij} &= \sum_U (G_{xx} - G_{yy}, 2G_{xy})_{ij} = \sum_U \left( \sum_{W_{ij}} \nabla_x(x, y)^2 - \sum_{W_{ij}} \nabla_y(x, y)^2, 2 \sum_{W_{ij}} \nabla_x(x, y) \nabla_y(x, y) \right) = \\ &= \left( \sum_U \sum_{W_{ij}} \nabla_x(x, y)^2 - \sum_U \sum_{W_{ij}} \nabla_y(x, y)^2, 2 \sum_U \sum_{W_{ij}} \nabla_x(x, y) \nabla_y(x, y) \right) = \\ &= ((G_{xx})_{W_U} - (G_{yy})_{W_U}, 2(G_{xy})_{W_U}) \end{aligned}$$

여기서  $W_U$ 는  $(n \cdot m) \times (n \cdot m)$ 개의 화소로 이루어진 창문이다.

이렇게 블록별로 무게결수없이 평활화하면 창문크기를 넓힌 그라디언트방법으로 된다.

창문  $W$ 의 크기를 크게 하면 특이점근방에서와 같이 룽선방향이 급하게 변하는 구역에서는 잡음이 없어도 정확도가 떨어지는 역효과를 가져온다.

론문에서는 응집도를 무게결수로 하여 평활화를 하는 방법으로 이전의 그라디언트방법에 비하여 잡음에 더 잘 견디게 하였다.

다음식에 의하여 응집도를 결합하여 평활화를 한다.

$$\bar{\bar{d}} = \sum_U r_{ij} \bar{d}_{ij} / \sum_U r_{ij} \quad (7)$$

이렇게 논문에서는 응집도를 리용하여  $\bar{\bar{d}}$ 를 계산한 다음  $\theta_{xy} = \frac{1}{2} \angle \bar{\bar{d}}(x, y) \pm 90^\circ$ 에 의하여 륜선방향마당을 얻는 방법을 제안하였다.

자료기지 FVC2004 DB1\_A에 있는 800개의 지문화상에 대하여 실험한 결과 논문에서 제안한 방법으로 륜선방향을 결정하면 정확도가 92.8%로서 선행연구[1]의 방법보다 정확도가 1.5% 높아졌다는것이 확인되었다.

## 참 고 문 헌

- [1] Y. Wang et al.; Applied Mathematics and Computation, 185, 823, 2007.
- [2] S. C. Dass; IEEE Trans. Image Process, 13, 1358, 2004.
- [3] J. Zhou et al.; IEEE Trans. Image Process, 13, 821, 2004.
- [4] J. P. Chaudhari et al.; International Journal of Computer Applications, 45, 5, 30, 2012.

주체104(2015)년 11월 5일 원고접수

## A Weighted Gradient-based Method for Estimation of Fingerprint Ridge Orientation

*Jang Kwang Ho, Sin Chang Hyon*

The estimation of ridge orientation fields is an essential step of fingerprint recognition system. Accurate estimation of ridge orientation fields is still regarded as a difficult problem.

We propose a weighted gradient-based method to improve the performance of gradient-based methods for estimation of fingerprint orientation fields.

Key word: fingerprint recognition system