

## 정맥패턴인식을 위한 고속 원형정합

### Fast Template Matching for the Recognition of Hand Vascular Pattern

최광욱\*, 최환수\*\*, 표광수\*\*\*

(Kwang Wook Choi and Hwan Soo Choi and Kwang Soo Pyo)

\* 명지대학교 정보제어공학과(전화:(031)335-6762, 팩스:(031)335-6478, E-mail : lascr@hanmail.net)

\*\* 명지대학교 정보공학과(전화:(031)335-6762, 팩스:(031)335-6478, E-mail : hschoi@mju.ac.kr)

\*\*\* 명지대학교 정보제어공학과(전화:(031)335-6762, 팩스:(031)335-6478, E-mail : kwangsoo21@empal.com)

**Abstract :** In this paper, we propose a new algorithm that can enhance the speed of template matching of hand vascular pattern person verification or recognition system. Various template matching algorithms have advantages in the matching accuracy, but most of the algorithms suffer from computational burden. To reduce the computational amount, with accuracy maintained, we propose following template matching scenario as follows: firstly, original hand vascular image is re-sampled in order to reduce spatial resolution. Secondly, reconstructed image is projected to vertical and horizontal direction, being converted to two one dimensional (1D) data. Thirdly, converted data is used to estimate spatial discrepancy between stored template image and target image. Finally, matching begins from where the estimated order is highest, and finishes when matching decision function is computed to be over certain threshold. We've applied the proposed algorithm to hand vascular pattern identification application for biometrics, and observed dramatic matching speed enhancement. This paper presents detailed explanation of the proposed algorithm and evaluation results.

**Keywords :** Hand Vascular Pattern , Template Matcing, Recognition Speed

#### I. 서 론

사회가 복잡해지고 정보화됨에 따라 개인이 가진 생체의 고유한 특징을 이용하여 개인을 식별하는 생체인식 시스템이 각광을 받고 있다. 이 중 하나가 손등의 정맥패턴을 이용하여 개인을 인식하는 정맥패턴 인식 시스템이다. 이 시스템은 높은 사용성과 정밀성으로 인해 출입통제나 근태관리등 많은 분야에서 사용되고 있다. 정맥패턴 인식은 CCD 카메라로 취득된 영상을 전처리 과정을 통하여 이진영상으로 만든다. 이렇게 생성된 이진영상은 인식을 위해 템플릿으로 저장되고, 인증 요구시 저장된 템플릿과 입력영상의 점상관성을 비교하여 최대 매칭점을 구하고 그 값을 사용하여 인증 여부를 판별하게 된다[1]. 템플릿 매칭은 높은 정확도를 가지는 장점이 있는 반면, 대부분의 응용에서 계산의 복잡성 때문에 계산의 비용과 시간이 많이 들게 된다. 고전적인 템플릿 매칭은  $M \times N$  크기의 입력 영상과  $J \times K$  크기의 템플릿 영상 매칭시  $O(M \times N \times J \times K)$ 의 계산량을 가지게 된다[2][3]. 본 논문에서는 이러한 템플릿 매칭의 계산량을 줄일수 있는 방법을 제안한다. 그 방법으로는 계층적 구조로 영상의 해상도를 줄이고, 둘째 재구성 된 영상을 투영방법을 이용하여 2D 영상을 두개의 1D 데이터로 변환하여

데이터의 차원을 줄인다[4][5]. 이렇게 변환된 2개의 1D 데이터를 특징벡터로 사용하여 원시 2D 영상에서의 최대 매칭 예상지점을 예측하여 예측 순위가 높은 지점부터 매칭을 시작하여 인증과 동시에 매칭을 종료한다. 이러한 새로운 매칭 방법은 실험을 통하여 기존의 정맥패턴 인식에 사용되는 템플릿 매칭보다 인식률에는 영향을 주지 않으며, 등록된 정맥패턴의 인증을 요구할 때 매칭속도는 기존 매칭방법 보다 약 19배가 빠르고 등록되지 않은 사람이 인증을 요구할 때는 4.3배의 빠른 속도를 보였다. 본 논문에서는 2장에서는 정맥패턴 인식 시스템에 대해 간단하게 기술하고, 3장에서는 고전적인 템플릿 매칭 방법과 본 연구에서 사용하는 투영방법과 계층적 재구성방법에 대해 설명한다. 또한 기존의 템플릿 매칭방법을 소개한 후 제안한 새로운 템플릿 매칭 방법을 서술한다. 그리고 4장에서는 실험을 통하여 얻은 제안 알고리즘의 성능에 대해 기술하며 5장에서는 본 연구의 의미와 결과, 그리고 앞으로의 과제에 대해 기술한다.

#### II. 정맥패턴 인식 시스템

정맥패턴 인식 시스템의 기본 알고리즘은 크게 원시 영상 획득부, 전처리부, 인식부로 나눌수 있다. 손등의

정맥 영상은 적외선 조명과 CCD-Camera를 이용하여 촬영하여 하게 된다. 이때 손등의 이동이나 회전을 방지하기 위해 영상 취득장치에 손을 고정하기 위한 장치가 설치되어 있다. 하지만 사람마다 손의 크기와 모양이 같지 않기 때문에 고정장치로는 이동과 회전의 발생이 불가피하다. 이러한 오차들은 매칭시 보정이 필요하게 되며 이렇게 취득된 영상은 전처리 과정을 거치게 된다[1]. 취득된 영상은 손등의 굴곡, 체모, 그리고 불규칙한 지방층으로 인한 잡음을 제거하기 위해 저대역 필터를 사용하여 gray scale을 평활화한다. 이렇게 저대역 필터를 적용한 영상은 시각적으로 영상이 약간 흐릿하게 된다. 이렇게 평활화한 영상은 혈관부분과 배경부분의 이치화를 돕기 위하여 식(1)와 같은 고대역 필터를 적용하게 된다.

$$\text{Highpass Filter} = (3 \times 3 \text{ Lowpass Filtered Image}) - (11 \times 11 \text{ Lowpass Filtered Image}) \quad (1)$$

이렇게 고대역 필터가 적용된 영상은 처리의 효율성을 위해 영상을 혈관부분과 배경부분으로 구별짓는 이치화를 한다. 이치화된 영상은 획득된 영상의 정맥부분과 배경부분으로 구분되어 진다. 이렇게 추출된 정맥영상은 패턴 인식과정이나 원형의 저장과정에 사용하기 위해 그 크기를 bilinear interpolation을 이용하여 정규화 시킨다. 마지막으로 이렇게 정규화 된 정맥패턴 영상은 잡음을 제거하고 소실된 패턴을 복원하기 위해 미디안 필터를 사용한다. 이런 과정을 통해 추출된 영상은 원형으로 저장이 되며 인식과정에서 템플릿 매칭을 이용하여 매칭하게 된다.

### III. 템플릿 매칭

#### 3.1 고전적인 상관 기반의 템플릿 매칭

그림 1 은 크기  $M \times N$  크기의 영상  $f(x, y)$  내에 있는 크기  $J \times K$  크기의 부 영상  $w(x, y)$ 의 정합을 찾는 방법을 도식한 그림이다.

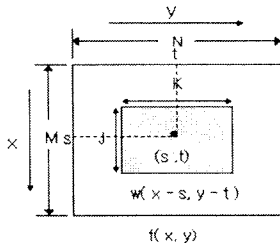


그림 1 템플릿 매칭

이 과정에서  $f(x, y)$  와  $w(x, y)$ 의 상관을 나타내는 방법의 하나인 상관 계수를 사용하는 방법이 식 (2)와

같이 정의된다.

$$r(s, t) = \frac{\sum_x \sum_y f(x, y) - \bar{f}(x, y) [u(x-s, y-t) - \bar{u}]}{\left( \sum_x \sum_y [f(x, y) - \bar{f}(x, y)]^2 \sum_x \sum_y [u(x-s, y-t) - \bar{u}]^2 \right)^{1/2}} \quad (2)$$

여기서,  $s = 0, 1, 2, \dots, M-1$ ,  $t = 0, 1, 2, \dots, N-1$ 이고,  $\bar{w}$  는  $w(x, y)$  안에 있는 화소들의 평균값이며,  $\bar{f}(x, y)$  는  $w$ 의 현 위치와 일치되는 영역에서의  $f(x, y)$ 의 평균값이며, 합 연산은  $f$ 와  $w$ 양쪽으로 공통인 좌표들 내에서 이루어진다. 이 상관 계수  $r(s, t)$ 는 -1에서 1사이의 범위를 가지며,  $f(x, y)$ 와  $w(x, y)$ 의 진폭 변화에 무관하다[2].

#### 3.2 투영을 이용한 최적매칭점 추정

템플릿 매칭은 회전 및 변이왜곡의 보상이 적절히 이루어지지 않은 경우 왜곡범위에 해당하는 모든 부분에 대해 상관계수를 구하여야만 하는 점이 계산량을 증가시키는 주된 요인이다. 따라서 본 연구에서는 원시영상의 수직 및 수평으로 투영된 1D 신호를 이용하여 확률이 높은 최대 매칭점을 먼저 예측하여 이 곳으로부터 상관계수를 구해나가는 방법을 제안한다. 고전적인 템플릿 매칭의 계산량이  $O(M \times N \times J \times K)$ 인 반면 투영방법을 사용한 템플릿 매칭 방법은 복잡도가  $O(J/2 \times K/2 \times M \times N)$ 으로 줄어 들게 된다[4].

#### 3.3 계층적 템플릿 매칭

또한 최대 매칭점의 예상 및 후보 매칭지역을 추정할 때 계산량을 추가로 줄이기 위해 본 연구에서는 re-sampling을 통해 영상의 해상도를 계층적으로 줄여 매칭을 시도하였다. 입력 영상과 템플릿 영상은 그림 2 와 같이 계층적으로 재구성될수 있다. L번째의 4개의 픽셀은 L+1번째 레벨에서 한 개의 픽셀로 치환된다. 따라서 각각의 레벨에서의  $M \times N$  영상의 크기는  $(M/2^L) \times (N/2^L)$ 으로 줄어든다.

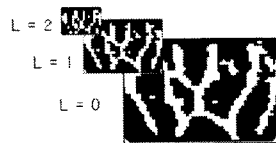


그림 2 정맥패턴의 피라미드 구조

### 3.4 기존의 정맥패턴 인식의 템플릿 매칭

정맥패턴 인식에서 원형 정합은 왜곡을 고려하여 M x N의 입력영상에 J x K의 비교영상이 상하좌우로 이동하면서 최대의 정합값을 구하여 매칭을 시도한다. 원형 정합시에는 식(3)와 같이 특징벡터로 등록영상의 정맥값, 등록영상의 바탕값, 비교영상의 정맥값, 비교영상의 바탕값 4개를 사용하고, 정합 값은 각 특징벡터의 정합값에 각각 1/4씩의 가중치를 주어 계산한다[1].

$$c(s, t) = \frac{\sum\sum f(x, y)u(x-s, y-t)}{\sum\sum f(x, y)} \times \frac{1}{4} + \frac{\sum\sum \bar{f}(x, y)\bar{u}(x-s, y-t)}{\sum\sum \bar{f}(x, y)} \times \frac{1}{4} + \frac{\sum\sum f(x, y)w(x-s, y-t)}{\sum\sum u(x-s, y-t)} \times \frac{1}{4} + \frac{\sum\sum \bar{f}(x, y)\bar{w}(x-s, y-t)}{\sum\sum \bar{w}(x-s, y-t)} \times \frac{1}{4}$$

$f(x, y)$ : 등록영상 혈관패턴 값      $\bar{f}(x, y)$ : 등록영상 바탕값  
 $w(x, y)$ : 매칭영상 혈관패턴 값      $\bar{w}(x, y)$ : 매칭영상 바탕값

(3)

### 3.5 제안된 템플릿 매칭

본 논문에서 제안하는 고속의 정맥패턴 원형 정합을 위한 방법은 첫 번째 단계로 템플릿영상과 입력영상을 계층적 구조로 재구성하여 이미지의 크기를 원시영상보다 각각 1/4 크기로 줄이는 것 부터 시작한다. 두 번째 단계로는 재구성된 이미지를 수평 및 수직으로 투영시켜 2개의 1D 데이터로 만든다. 이렇게 만들어진 1D 데이터는  $|F_T - F_i(s,t)|$ 의 합을 계산하여 값이 작은 순으로 원시영상에서의 최대 매칭점 예측우선 순위를 정한다. (여기서,  $F_T$ 와  $F_i(s,t)$ 는 각각 재구성된 템플릿 영상과 입력영상의 투영데이터를 말한다.) 세 번째 단계는 계층적으로 재구성한 이미지에서 예측한 한 지점은 원시 영상에서는 네 개의 지점으로 변환되기 때문에 네 지점들 사이의 최대매칭점 예측우선 순위를 두 번째 단계와 동일한 과정을 통하여 정한다. 네 번째 단계는 마지막으로 지정된 최대 매칭점 예측우선 순위에 따라 템플릿 매칭을 수행하여 인증을 시도하게 된다. 만약 네 번째 단계에서 인증이 되지 않을 경우에는 두 번째 단계에서 우선 순위가 한 단계 아래 지점의 최대 매칭 예상점에 대하여 템플릿 매칭을 수행하여 인증을 시도하게 된다. 이 과정은 인증이 되었거나 모든 예측범위에서 매칭이 시도되었을때 종료하게 된다.

그림 3은 기존 템플릿 매칭방식과 제안한 알고리즘의 방식을 도식하였다.

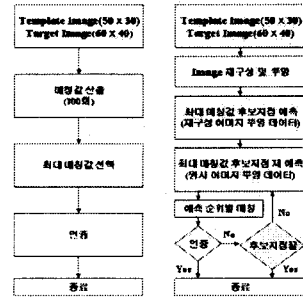


그림 3 기존의 템플릿 매칭방식(좌)과 제안한 알고리즘의 방식(우) 구조

제안하는 알고리즘의 평균 매칭시간  $T_{sug}$ 는 식(4)와 같이 구할 수 있다.

$$T_{sug} = \sum_{i=1}^{\alpha} T_i \times P_i \quad (4)$$

여기서,  $T_i$  = i 번째 후보영역까지의 계산 시간  
 $P_i$  = i 번째 후보영역에서 인증될 확률  
 $\alpha$  = 후보 영역의 최대크기

## IV. 구현 및 실험

### 4.1 실험 방법 및 평가 방법

알고리즘의 성능 평가를 위해 다음과 같은 portotype system을 구성하였다. 영상 입력 장치로는 고정장치가 설치된 CCD 카메라를 사용하였고, 알고리즘은 펜티엄 IV 1.7G의 PC상에서 C언어를 이용하여 구현하였다. 실험 데이터는 임의의 지원자로부터 획득한 200명의 손등영상을 사용하였으며, 각 개인당 2번씩의 입력 영상을 취득하여 실험하였다. 식 (5)와 (6)은 각각 오인 식률(FAR)과 오거부율(FRR)을 나타낸다.

$$FAR = \frac{\text{다른 사람의 본인판정회수}}{N(N-1)} \times 100 (\%) \quad (5)$$

$$FRR = \frac{\text{동일인의 타인 판정회수}}{N} \times 100 (\%) \quad (6)$$

여기서, N은 실험에 참여한 사람의 수

실험은 동일한 조건에서 기존의 템플릿 매칭방법과 제안한 알고리즘을 사용하여 템플릿 매칭방법을 수행하여 그때의 FRR와 FAR, 매칭 속도를 측정하였다.

### 4.2 실험결과

그림 4는 제안한 알고리즘을 사용하여 구한 매칭값이 최대 매칭값과 같을때의 후보영역까지(22회) 매칭

한 알고리즘별 FAR/FRR 및 매칭 시간 비교를 도식하였다. (그림에서 지능적 방법이란 인증과 동시에 매칭을 종료하는 방법을 말하며, 최종 제안하는 알고리즘은 계층적 재구성 후의 투영법을 이용한 최대 매칭점 예측에 의한 지능적 방법(그림4,5의 계층+지능)을 말한다.) 이 실험에서 기존의 방법과 제안한 방법들 모두는 전 임계치에서 동일한 FRR을 가짐을 확인하였다. 그리고 매칭시간은 임계치 70에서 측정하였는데 등록된 사람이 인증 시도 시 제안한 알고리즘이 기존 매칭 방법보다는 450배 이상, 기존의 방법보다는 19배 정도 빠름을 볼 수 있다. 등록되지 않은 사람이 인증 시도 시는 제안한 방법이 기존의 방법보다는 2.3배 빠르고, 투영방법만을 사용한 방법 보다는 1/2 정도 느리다.

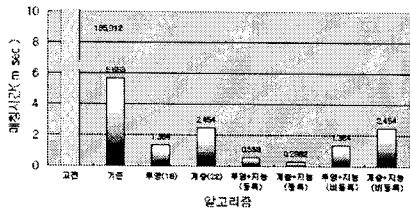
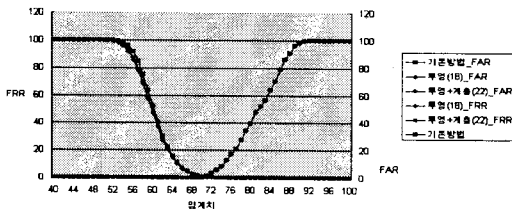


그림 4 제안한 알고리즘을 사용하여 구한 매칭값이 최대의 매칭값과 같을때의 후보영역까지(22회) 매칭한 알고리즘별 FAR/FRR 및 매칭 시간 비교

그림 5 는 제안한 알고리즘을 사용하여 구한 매칭값이 실제 인식시스템에서 인증을 판별하는 임계치(70) 이상의 매칭값을 가질때의 후보영역까지(11회) 매칭한 알고리즘별 FAR/FRR 및 매칭 시간 비교를 도식하였다. 이 때 FRR은 임계치 70까지는 모든 알고리즘에서 동일한 결과를 나타내었으며, 임계치 70 이후에도 거의 동일한 값을 가짐을 알 수 있다. 또한 매칭 시간은 등록된 사람을 인증시도할 때, 제안한 방법이 고전적인 매칭 방법보다는 450배 이상, 기존의 방법보다는 19배 정도 빠름을 볼 수 있다. 등록되지 않은 사람이 인증시도를 할 때의 속도는 제안한 방법의 시간이 1.307 (m sec)로서 기존의 방법보다는 4.3배 빠르고, 투영방법만을 사용한 방법 보다는 0.7배 정도 느리다.

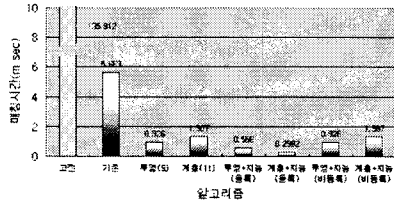
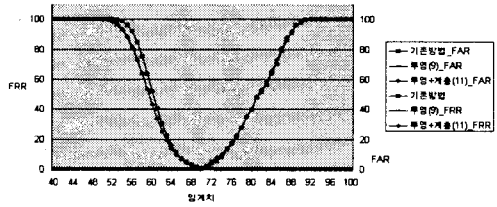


그림 5 제안한 알고리즘을 사용하여 구한 매칭값이 인식시스템에서 인증을 판별하는 임계치(70) 이상의 매칭값을 가질때의 후보영역까지(11회) 매칭한 알고리즘별 FAR/FRR 및 매칭 시간 비교

## V. 결론

본 논문은 정맥패턴 인식시 사용되는 템플릿 매칭의 단점인 높은 계산량으로 인한 매칭 속도의 저하를 개선하기 위해 개선된 템플릿 매칭 알고리즘을 제안하였다. 실험을 통해서 제안한 방법이 인식률에는 영향을 주지 않고 매칭속도를 개선할 수 있음 보였다. 앞으로 연구 보완해야 할 과제로는 후보영역 추측시 걸리는 시간의 단축과 좀더 정확하게 후보영역을 추측할 수 있는 방법을 개발하는데 연구의 노력을 집중해야 될 것이다.

## 참고문헌

- [1] 최환수, 정동철, 임상균, 박기태, 장석모, 정창경 “손 등의 정맥분포를 이용한 개인식별알고리즘,” 대한전기학회 학계 학술대회 논문집, G집, pp.2347-2349, 1997
- [2] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, “Digital Image Processing,” Addison Wesley, 1993
- [3] J. K. Aggarwal, L. S. Davis and W. N. Martin, “Correspondence Process in Dynamic Scene Analysis,” Proc. IEEE, Vol.69, No.5, pp.562-572, May 1981
- [4] Sang-Woo Lee and Whoi-Yui Kim, “Rotation Invariant Template Matching Using Projection Method,” proc. KITE, Vol.19, No.1, pp.475-476, June 1996