

Run-Length Connectivity를 이용한 지문영상의 영역분리 방법의 개선

Enhanced segmentation method of a fingerprint image using run-length connectivity

박 정 호*, 송 종 관*, 윤 병 우*, 이 명 진*

Jung-Ho Park*, Jong-Kwan Song*, Byung-Woo Yoon*, Myeong-Jin Lee*

요 약

지문이미지에서 특징점 추출 및 매칭을 위해서 지문영역과 배경을 분리 하여야 한다. 지문영역과 배경을 분리하기 위해서 일반적으로 Sobel 마스크를 이용해 x축 y축의 밝기의 편차와 분산을 계산해서 문턱치보다 작은 값을 분리하게 된다. 하지만 이러한 방법만으로는 지문영역과 배경이 두 영역으로 정확히 분리되기 어려우며, 이러한 결과는 지문 인식의 계산량에 영향을 주게 된다. 본 논문에서는 지문이미지에서 배경을 효율적으로 분리하기 위해 RLC(Run-Length Connectivity)를 이용하는 방법을 제시하였다. 제시된 방법은 지문 이미지의 분산을 계산하고 문턱치를 적용하여 이진 이미지를 구한다. 이 이진 이미지는 일반적으로 여러 개의 영역으로 분할되며, RLC를 고려하여 run이 작은 영역부터 차례로 반전 시킨다. 그래서 최종적으로 2개의 영역으로 분리되는 이진 이미지를 구하게 된다. 또한, 모의실험을 통하여 제시된 알고리즘이 지문이미지에서 효율적으로 계산량 감소가 됨을 보인다.

ABSTRACT

In fingerprint verification and identification, fingerprint and background region should be segmented. For this purpose, most systems obtain variance of brightness of X and Y direction using Sobel mask. To decide given local region is background or not, the variance is compared with a certain threshold. Although this method is simple, most fingerprint image does not separated with two region of fingerprint and background region. In this paper, we presented a new segmentation algorithm based on Run-Length Connectivity analysis. For a given binary image after thresholding, suggested algorithm calculates RL of X and Y direction. Until the given image is segmented to two regions, small run region is successively inverted. Experimental result show that this algorithm effectively separates fingerprint region and background region.

Key words : Run-Length Connectivity, Segmentation, Fingerprint, Biometrics, Verification

I. 서 론

최근 인터넷에 의한 전자상거래, 전자 정부 등의 영향으로 사용자 인증이 중요한 문제로 대두 되었다. 과거에는 모든 사회생활이 오프라인에서 이루어져 개인이 직접 활동하면서 모든 일을 처리하였지만, 현재는 온라인 활동이 많아지면서 비대면 온라인상에서 올바른 사용자가 사

용하고 있는지의 여부가 중요한 문제로 대두되기 시작하였다[1].

지문인식은 특징점 추출 및 매칭을 위해 제일 먼저 지문영역과 배경을 분리한다. 정확한 영역분리는 이후의 계산량을 줄이고 의미 있는 영상의 손상을 방지함으로써 인식률을 높일 수 있다.

본 논문에서는 지문인식에서 정확한 영역분리를 위해 RLC를 이용한 영역분리방식을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다.

II 장에서는 일반적인 지문인식의 과정 대해서 알아보

*경성대학교 전기전자공학과

접수 일자 : 2004. 7. 15 수정 완료 : 2004. 10. 25

논문 번호 : 2004-2-1

고, III장에서는 RLC에 의한 영역분리 방식을 제안하고, IV장에서는 모의실험을 통해 기존의 방법과 비교하여 제안된 알고리즘의 특징점추출 및 의사특징점 제거시 계산량 개선도를 알아본다. 마지막으로 V장에서는 결론을 맺고 향후 연구과제에 대해 설명한다.

II. 지문인식의 일반적인과정

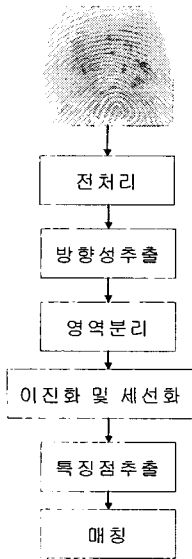


그림 1. 지문의 특징점 추출
Fig. 1. Minutia extraction of fingerprint

지문인식은 일반적으로 그림 1과 같은 여러 단계를 거쳐지게 된다. 전처리는 지문이미지에서 밝기의 차이를 높이고 잡음들은 제거하는 과정이다. 방향성 추출은 용선의 방향성을 구하며, 영역분리는 지문이미지에서 지문영역과 배경을 분리시킨다. 이진화및세션화는 지문이미지의 그레이레벨을 0, 255로 골과 용선을 이진화 시키며 용선의 굵기가 1픽셀인 이진화 이미지를 만든다. 특징점 추출은 세션화된 이미지에서 끝점과 분기점등의 특징점을 찾아내며 매칭은 DB에 가지고 있는 정보와 특징점을 비교하는 것이다. 본 논문에서는 영역분리 방법에 대해 개선된 알고리즘을 제시하였다[2].

지문 이미지의 영역분리는 지문 이미지에서 특징점을 가지고 있는 지문영역과 나머지 배경으로 나누어져야 한다. 그 방법으로는 문턱값을 이용한 방법과 명도변위를 이용한 방법 그리고 방향 변위를 이용한 방법이 있다.

지문인식시스템에서 영역분리는 계산량을 고려하여 주로 Sobel 마스크를 사용하여 지문영역과 배경을 분리한다. 분리 과정은 입력 받은 지문 이미지를 8x8 블록으로 나누고, 나누어진 8x8 블록에 대하여 3x3 크기를 갖는 식 (1)의 Sobel 마스크를 사용해 각 블록의 x축과 y축 방향의 기울기 ∂_x 와 ∂_y 를 계산한다[3].

$$SobelX = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad SobelY = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$M(i, j) = \frac{1}{w \times w} \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} \sqrt{(\partial_x^2(u, v) - \partial_y^2(u, v))} \quad (2)$$

w 는 블록의 크기를 나타내며 본 연구에서는 8x8을 사용하였고, ∂_x 는 x축 방향의 기울기 ∂_y 는 y축 방향의 기울기를 나타내며 식 (2)를 사용해 분산을 구한다.

균일한 명도 값을 가지는 영역의 블록에 대해서는 분산이 0에 접근하므로 적당한 문턱치를 설정하여 분산이 문턱치 보다 작은 영역의 이미지가 분리 될 수 있도록 한다[4,5]. 이러한 과정을 거쳐서 배경분리를 하게 되면 일반적으로 그림 2에서와 같이 여러 개의 영역으로 분리되어 지문영역과 배경영역이 완전히 나누어지지 않는다. 이러한 불완전한 형태의 영역분리는 지문영역이 아닌 배경에서도 특징점을 찾기 위해서 이진화, 세션화, 특징점추출 과정을 거치면서 불필요한 배경에 대해 계산을 수행하기 때문에 계산량 증가와 불필요한 특징점들을 발생시키고 이후 의사특징점 제거한 영역에서 찾은 특징점을 제거해야 하기 때문에 추가 계산량의 발생 문제점을 야기할 수 있다. 따라서 지문 이미지를 지문영역과 배경영역의 두 영역으로 분할 할 수 있는 효율적인 알고리즘이 필요하게 된다. 본 논문에서는 이를 위하여 RLC를 이용하는 방법을 제시한다.

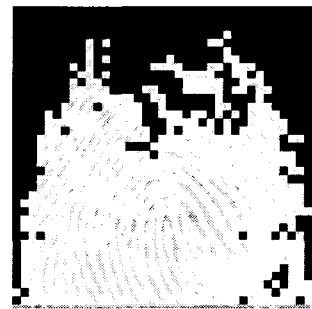


그림 2. 문턱치를 이용한 영역분리
Fig. 2. Segmentation using threshold

III. 제안된 Run-Length Connectivity를 이용한 영역분리

지문이미지의 지문영역과 배경의 분리방법은 II장에서 설명한 여러 방법이 있으나 Sobel 마스크를 이용한 방법을 많이 사용한다. 이 방식은 방향성추출과 영역분리를 동시에 계산할 수 있어 계산량이 감소하나 앞서 설명한 것과 같이 배경에 지문영역이 혼재되어 나타나게 되어 지문이미지가 지문영역과 배경 두 영역으로 나누어지지 않는다.

RL(Run-Length)는 이미지를 이진화 시켜 0의 개수와 255의 개수를 연속하는 수를 기억하는 방식으로 다음의 예를 보면,



그림 3. RL의 예
Fig 3. Example of RL

이진화된 이미지의 그레이레벨의 연속된 값을 RL이라 하며, Connectivity는 행의 동질성과 좌표에 따른 연결성을 의미하며, 일반이미지의 영역분리에서 분할법과 유사하며 본 논문에서는 Connectivity를 지문이미지의 RL정보와 결합하여 새로운 RLC라는 지문이미지의 지문영역과 배경분리의 효율적인 분리 방법을 제안 하였다. 그림 4는 RLC를 이용한 지문영역과 배경의 분리를 나타낸 순서도이다.

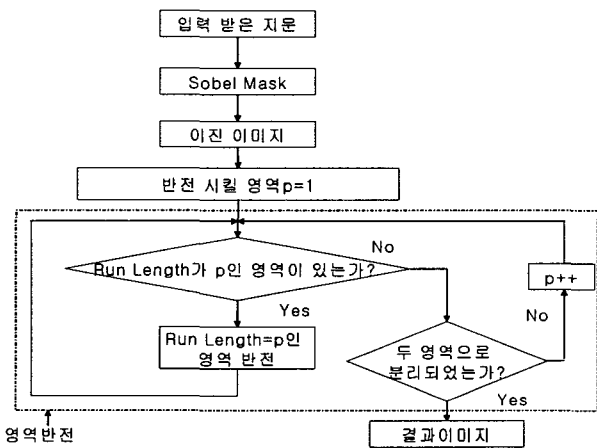


그림 4. RLC에 의한 지문영역과 배경영역의 분리 알고리즘

Fig 4. segmentation algorithm of fingerprint and background region using RLC

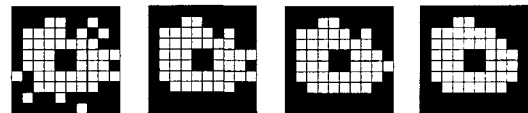
입력받은 300×300 지문이미지를 8×8 블록으로 나누어 Sobel 마스크를 통과시킨 후 방향성과 분산의 정보를 문턱값을 이용해 영역분리를 한다. 이진화 부분은 앞서 분리된 지문영역을 그레이 레벨 255로 배경을 그레이 레벨 0으로 이미지를 이진화 시킨다. RL을 구해서 작은 값부터 반전시켜서 영역이 두개로 분리되었는지 RLC를 조사하여 두 영역으로 분리되었으면 결과 이미지를 나타내고 아니면 두 영역으로 나누어질 때까지 RL을 증가해 나가면서 반전시킨다[6].

1. 영역 반전

앞서 구해진 이진 이미지(37×37)의 영역반전을 위해서

는 x축 y축의 첫 번째와 마지막 행과 열에 그레이 레벨이 0인 배경 영역을 추가 시킨다. 추가시키지 않고 RL을 구해 영역을 반전시키면 테두리에 해당되는 배경까지 지문영역으로 바뀌기 때문에 이미지 외곽에 배경을 추가해서 영역반전을 시킨다. 먼저 x축 방향으로 같은 그레이 레벨을 갖는 영역을 카운트해서 RL이 1인 값을 반전시킨다. 반전시 추가된 x축의 행은 반전시키지 않고 원이미지에서 RL이 1인 영역만 반전을 시킨다. x축으로 반전을 했으면 다시 y축으로 같은 그레이 레벨을 갖는 영역을 카운트해서 RL이 1인 영역을 반전시킨다. x축에서와 마찬가지로 y축 반전시도 추가된 y축의 열은 반전시키지 않고 원이미지에서 RL이 1인 영역만 반전시킨다.

그림 5는 10×10 크기를 갖는 이진 이미지를 예로 영역반전 과정을 설명 하였다. 이진 이미지의 흰색은 지문 영역이고, 검은색 부분은 배경영역을 나타낸다. 입력받은 10×10 이진 이미지 주위에 더 큰 영역의 검은색 영역 즉, 배경영역이 있다고 가정을 하고, 반전해야 지문영역과 배경영역의 분리가 효과적이다.



(a) (b) (c) (d)

그림 5. RLC 예제 이미지.

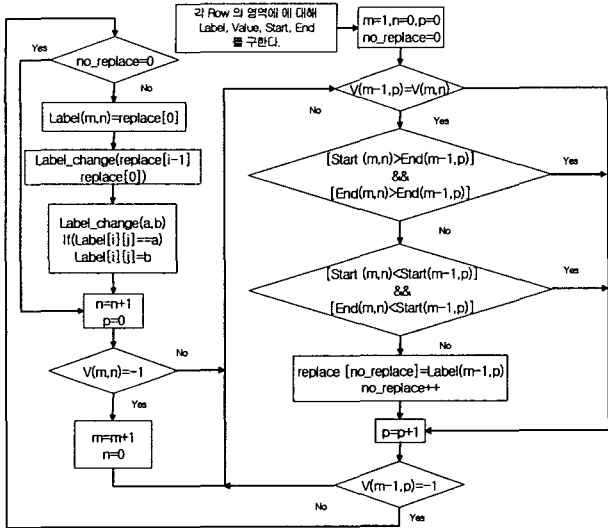
(a) 문턱치로 분리한 이진 이미지 (b) x축으로 Run Length가 1인 영역을 반전시킨 이미지 (c) y축으로 Run Length가 1인 영역을 반전 시킨 이미지 (d) Run Length가 1인 영역이 없어질 때까지 계속 반전시킨 이미지

Fig. 5. RLC example image

(a)the image which is separated by the threshold (b)the image which is inverted for RL=1 with the x-direction (c)the image which is inverted for RL=1 with the y-direction (d)the result image

그림 5(a)는 10×10의 입력 받은 이미지를 나타낸다. 앞서 설명한 것과 같이 먼저 x축 y축의 첫 번째와 마지막 행과 열에 배경을 추가 시키고, 같은 그레이 레벨을 갖는 영역을 카운트해서 RL이 1인 영역을 반전시킨다. 새로 추가된 행과 열에 대해서는 반전을 행하지 않으면 그림 5(b)와 같은 결과를 나타낸다. 그림 5(c)는 x축으로 RL이 1인 영역을 반전시킨 그림 5(b)를 y축으로 카운트해서 RL이 1인 영역을 반전시킨 결과이다. 동일하게 새로 추가된 행과 열에 대해서는 반전을 하지 않는다. RL이 1인 영역을 x축 y축으로 카운트해서 반전시켜도 그림 5(c)와 같이 RL이 1인 영역이 나타난다. RL이 1인 영역이 없어질 때까지 위의 과정을 반복하면 그림 5(d)와 같이 RL이 1인 영역이 없는 이미지를 얻을 수 있다.

2. 영역 연결성



Start : 영역의 시작. End : 영역의 끝.
 V : 영역의 그레이 레벨. a : 영역의 라벨.
 그림 6. 영역 연결성 알고리즘

Fig 6. Area connectivity algorithm

제안된 영역분리 방법에서 영역반전에 이어 고려되어야 할 사항은 영역의 연결성도를 알아보아야 한다. 영역이 지문영역과 배경 두 부분으로 나누어졌는지 행과 행을 서로 비교하여 같은 그레이 레벨을 갖고 영역이 같은 영역에 속하는지 비교를 하는 부분이다. 영역의 연결성도 즉 RLC를 알아보기 위해서는 먼저 각 행의 영역에 대해서 영역의 시작점, 끝점, 화소값을 구하고, 영역의 라벨을 부여한다. 각 행에는 하나 이상의 영역이 나타날 수 있다. 먼저 비교할 영역을 선택하고 영역의 그레이 레벨을 비교하여 같으면 일단 같은 영역이라고 보고, 다르면 다른 영역이라고 한다. 같은 영역이라면 영역이 서로 포함되는지 영역의 시작과 끝을 비교하여 포함되면 같은 라벨로 만든다. 포함되지 않으면 원래의 라벨을 갖는다. 이진 이미지의 각 행과 열에 대하여 RL(Run-Length)을 구하여 RL이 설정된 값과 같은 영역을 반전 시켜 반전시킬 영역이 없어질 때까지 계속 반복한다. 이 알고리즘에서 영역반전에 이어 두 번째로 고려되어야 할 사항은 지문영역과 배경 두 영역으로 나누어 졌는지를 알아보아야 한다[6]. 이는 영역의 연결성도를 보고 알 수 있다. 영역이 두 영역이 되지 않았으면 다시 행과 열에 대하여 RL을 구하여 RL이 먼저 설정된 값보다 1증가된 영역을 반전 시켜 반전시킬 영역이 없어질 때까지 계속 반복한다. 위와 같은 방법으로 영역이 지문영역과 배경영역 두 영역으로 나누어 질 때 까지 RL을 증가해 가면서 영역을 바꿔 나간다.

RLC를 알아보기 위해서 그림 5(d)를 예로 영역의 라벨링을 그림 7에 나타내었다. 앞서 설명한 것과 같이 먼

저 각 행의 영역을 라벨링하고 시작, 끝, 그레이레벨을 구한다. 그림 7에서는 각각의 행을 a0부터 a27까지의 영역이 나타남을 알 수 있다. 영역이 몇 개로 나누어 졌는지 알아보기 위해서 먼저 a0영역과 a1영역을 먼저 비교를 한다. a0영역에서 V0=0이고, a1영역에서 V1=0이다. 두 영역이 같은 V를 가지므로 a0의 S0=0과 E0=4를 a1의 S1=0과 E1=2를 비교하면 a0와 a1은 영역

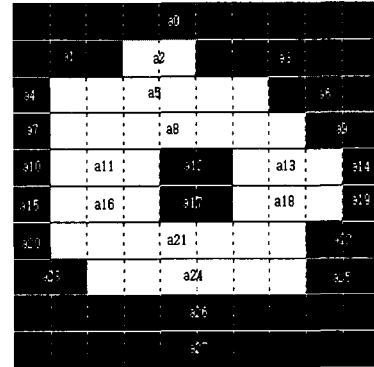


그림 7. 그림 5(d)의 영역 라벨링
 Fig. 7. Region labeling of Fig. 5(d)

이 포함되므로 a1의 라벨을 a0로 바꾼다. 다음 영역인 a0 영역과 a2영역을 비교하면 a0영역의 V0=0 이고 a2 영역의 V2=255이므로 V가 같지 않다. 그러므로 a0영역과 a2영역은 다른 영역이므로 a2영역의 라벨을 그대로 가지고 a0영역과 a3영역을 비교한다. a0의 V0=0이고 a3의 V3=0이므로 같은 V를 가지며 a0의 S0=0, E0=9와 a3의 S3=5, E0=9를 비교하면 a0와 a3은 영역이 포함됨으로 a3의 라벨을 a0로 바꾼다.

이렇게 a0부터 a27까지 비교를 통해 영역의 개수는 영역의 라벨수로부터 알 수 있고, 두개의 영역으로 나뉘어져 있다면 결과 이미지를 출력한다. 그림 7에서는 영역이 3개로 나뉘어져 있는 것을 알 수 있는데, 영역이 2개로 되지 않았으면 다시 x축으로 카운트해 RL가 x축으로 2인 영역의 그레이 레벨을 반전시킨다. x축으로 RL가 2인 영역을 바꾼 이미지를 다시 y축으로 카운트해 위와 같은 방법으로 영역이 지문영역과 배경영역 두 영역으로 나누어질 때까지 RL를 증가해 가면서 영역을 바꿔 나간다.

IV. 모 의 실험

제안 방식의 성능 실험을 위해 FVC2000[23]에 있는 지문 중 DB1의 지문 샘플 72개를 사용하였다. 사용된 지문에는 품질이 좋은 지문과 그렇지 못한 지문이 있으며 좋지 않은 지문에는 상처 난 지문, 정확하게 찍히지 않은 지문, 건조한 지문 등 여러 지문이 있다. 알고리즘 수행 시 사용된 컴퓨터는 인텔 모바일 CPU 2.0GHz를 사용하였으며 운영체제는 윈도우 XP-Professional을 사용하였다.

그림 8에 나타낸 것은 기존에 쓰던 방식인 문턱치 값으로 지문영역과 배경영역을 분리한 것과 본 논문에서 사용한 RLC를 이용해서 분리한 지문 이미지 결과를 나타내었다. 그림 8(b)는 그림 8(a)의 원이미지에 대해 문턱치를 사용하여 분리한 것인데, 지문영역과 배경영역의 분리가 지문영역의 중심 부분에서 분리가 잘 되지 않은 것을 볼 수 있지만 그림 8(c)에 나와 있는 RLC를 이용한 것은 지문영역과 배경영역의 분리가 깨끗하게 잘 된 것을 볼 수 있다. 특히 그림 8(a)의 세 번째 원 이미지를 문턱치 값으로 분리한 것은 영역의 분리가 잘 되지 않았지만 RLC를 이용한 것은 지문영역과 배경영역의 분리가 잘 된 것을 볼 수 있다. 문턱치로 분리할 때 보다 더 나은 결과를 얻을 수 있는 것을 실험을 통해서 알 수 있다.

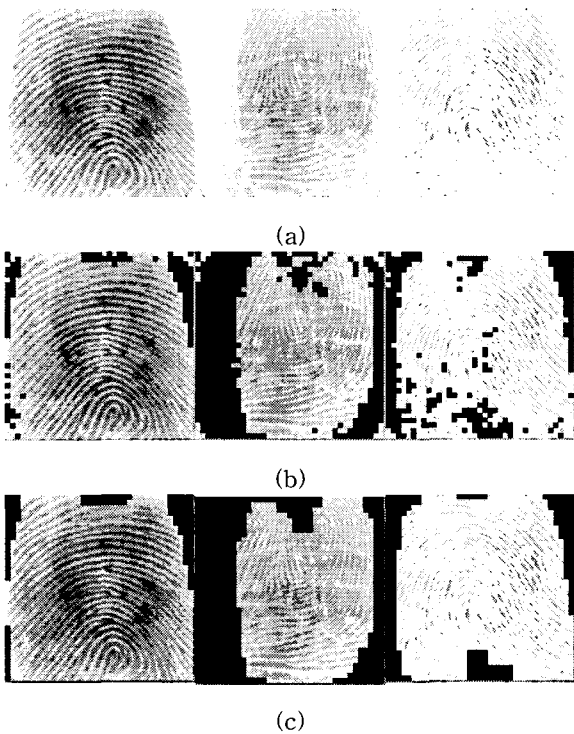


그림 8. 여러 가지 지문이미지에서의 결과
(a)원 이미지 (b)문턱치로 지문영역과 배경영역을 분리한 이미지 (c)RLC로 지문영역과 배경영역을 분리한 이미지

Fig. 8. Result in various kinds fingerprint image
(a)Original image (b)After thresholding (c)Final result using RLC

영역분리이후 결과 이미지에 대해 앞서 설명한 이진화, 세션화 특징점 추출, 의사특징점 제거가 수행된다. 특징점 추출에서는 세션화된 지문영역에서 끝점과 분기점만을 특징점으로 잡는다 삼각주나 중심점이 없는 지문들도 있기 때문에 특징점으로 잡지 않았다. 의사특징점은 끝점에서 짧은 용선을 제거하는 간단한 제거로 계산량을 비교하였다. RLC 방식에 의한 이후 지문인식 단계의 계산량 감축 효과를 알아보기 위해 간단한 의사특징점 제거 방식을 이용하여 제거되는 의사특징점수와 최종특징점

개수를 기존방식과 비교하였다.

그림 9의 그래프에 나타난 것처럼 특징점 추출시 문턱값을 이용한 영역분리 방법에 비해 제안된 RLC를 이용한 영역분리에서 특징점을 찾은 개수가 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 문턱값을 이용한 영역분리 방법보다 계산량이 감소된다. 그 이유는 제안된 방법이 지문이미지를 지문영역과 배경으로 나누었기 때문에 배경에서는 특징점 추출을 하지 않는다. 배경에서 나타나는 특징점은 의사특징점으로 제거되어야 하는 특징점이며, 매칭시에도 RLC방법은 지문영역과 배경의 경계에서는 특징점을 추출하지 않기 때문에 계산량이 감소됨을 알 수 있다.

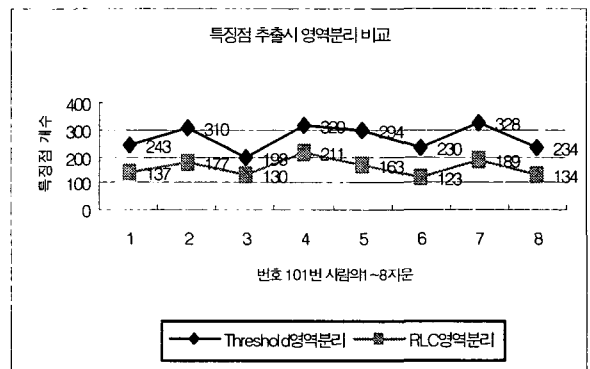


그림 9. 특징점 검출시 영역분리 방법 비교
Fig 9. Region segmentation method comparison at minutiae detection

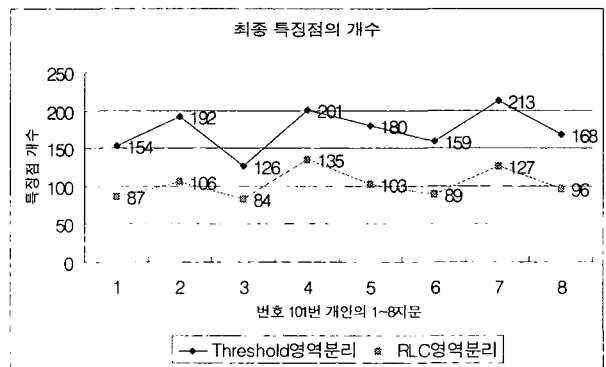


그림 10. 최종 특징점 개수
Fig 10. Last minutiae number

그림 10은 특징점을 추출한 결과에서 의사특징점 제거 후 최종 남아 있는 특징점 수를 나타내었다. 의사특징점 제거는 간단한 짧은 용선 제거 알고리즘을 사용하여 문턱값을 이용한 영역분리 방법과 RLC를 이용한 영역분리 방법의 계산량을 비교하였다.

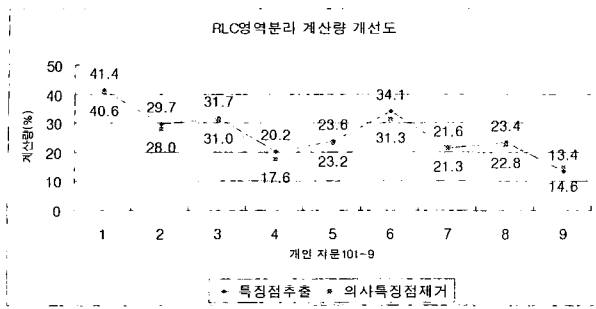


그림 11. RLC영역분리 계산량 개선도

Fig 11. RLC region segmentation calculation amount improvement

DB1에 있는 9명의 지문 72개를 문턱값을 이용한 영역 분리 방법과 RLC를 이용한 영역분리 방법을 비교한 결과를 그림 11에 나타냈다. 그래프에서 보면 RLC영역분리 후 특징점추출과 의사특징점 제거 모두에서 계산량이 비슷하게 감소함을 알 수 있다. 이는 영역분리시 제대로 영역분리 되지 않은 영역에 대해서도 특징점추출, 의사특징점 제거를 수행함으로써 발생하는 계산량의 차이이다. 결과적으로 RLC영역분리 방법은 일반적인 문턱값을 이용한 영역분리 방법에 비하여 특징점 추출이나 의사특징점 제거시 계산량이 많이 감소함을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 지문인식 시스템의 특징점 추출 과정중의 하나인 영역분리 과정에서 RLC를 이용한 영역의 상관도를 조사하여 지문영역과 배경을 분리하는 새로운 알고리즘을 제안하였다.

기존의 Sobel 마스크를 이용해 문턱치 값으로 지문영역과 배경을 분리하면 지문영역에 배경이 혼재되어 나타나는 단점이 있다. 이는 지문영역에 있는 의미 있는 정보를 손상 시킬 수 있기 때문에 정확한 영역분리가 필요하다.

제안된 RLC를 이용한 방법은 문턱값으로 분리시킨 이미지의 각 행의 영역의 RL을 구해 RL이 작은 영역부터 차례대로 반전시키고 영역 라벨링을 하여 영역 상관도를 비교하여 이미지를 지문영역과 배경 두 영역으로 나누어지게 한다. 모의실험을 통해 RLC방법은 지문영역과 배경이 정확하게 두 영역으로 분리되고, 특징점 추출 및 의사특징점 제거시 통해 계산량이 줄어드는 것을 확인 하였다.

본 방식은 지문인식시스템의 고속화를 위해 적용가능하며, RLC방식에 의한 특징점 매칭 및 계산량 감축 효과 및 인식의 정확도에 대한 추가 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 한국정보보호센터 연구원 황성원, "지문 인식 시장 동향 분석", 2001년 3월.
- [2] 유기영, 배인구, 조병호, 김중섭, 배재형 "지문에서 골 추적을 이용한 지문정합" *정보과학회지* 제19권 pp 51~59. 제7호 2001년 7월.
- [3] A. R. Rao, *A Taxonomy for Texture Description and Identification*. New York: Springer-Verlag, 1990.
- [4] L. Hong, Y. Wan, and A .K. Jain, "Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 20, no. 8, pp. 777-789, 1998.
- [5] A. K. Jain, L. Hong, and R. Bolle, "On-line Fingerprint Verification," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 19, no. 4, pp. 302-314, 1997.
- [6] A. K. Jain *Fundamentals of digital Image Processing*, Prentice Hall, 1989.

박 정 호 (Jung-Ho Park)



2000년 2월 동명대학 정보전자과 졸업 (전문학사)

2002년 8월 경성대학교 전기전자공학과 졸업(공학사)

2002년 8월 경성대학교 전기전자공학과 졸업(공학 석사)

2002년 8월 현재 SEA-PLUS 기술연구소 연구원으로 근무

관심분야: 영상처리, 정보통신, 열감지센서

송 중 관 (Jong-Kwan Song)



1989년 2월 부산대학교 전자공학과 졸업 (공학사)

1991년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업(공학 석사)

1995년 8월 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업(공학 박사)

1995년~1997년 한국이동통신(현SKTelecom) 중앙연구소 선임연구원으로 근무.

1997년~현재 경성대학교 전기전자 컴퓨터공학부 부교수로 재직.

관심분야: 영상처리 및 통신



윤 병 우(Byung-Woo Yoon)

1987년 부산대학교 전자공학과(공학사)
1989년 부산대학교 전자공학과(공학석사)
1992년 부산대학교 전자공학과(공학박사)
1993년~1995년 한국전자통신연구원
선임연구원

1995년~현재 경성대학교 전기전자 컴퓨터공학부 부교수

관심분야 : 배열안테나, 적응신호처리, 임베디드시스템,
음성코딩, VLSI 설계 등



이 명 진(Myeong-Jin Lee)

1994년 2월 한국과학기술원 전기및전자
공학과 (공학사)
1996년 2월 한국과학기술원 전기및전자
공학과 (공학석사)
2001년 8월 한국과학기술원 전자전산학
과 (공학박사)

2001년 3월~2004년 2월 삼성전자 반도체 총괄 책임

2004년 3월~현재 경성대학교 전기전자공학과 전임강사

관심분야 : 영상 압축/신호처리, 멀티미디어 통신,
인터넷 QoS, 네트워크 하드웨어 설계
