

---

# RLC를 이용한 지문영상의 배경 분리

박정호\* · 송종관\* · 윤병우\*

## Background segmentation of fingerprint image using RLC

Jungho Park\* · Jongkwan Song\* · Byungwoo Yoon\*

---

이 논문은 2003학년도 경성대학교 부설 공학기술연구소 특별과제 연구비 지원에 의하여 연구되었음

---

### 요 약

지문이미지에서 특징점 추출 및 매칭을 위해서 지문영역과 배경을 분리 하여야 한다. 지문영역과 배경을 분리하기 위해서 Sobel 마스크를 이용해 x축 y축의 밝기의 편차와 분산을 계산해서 문턱치보다 적은 값을 분리하게 된다. 하지만 이러한 방법만으로는 지문영역과 배경이 두 영역으로 정확히 분리되기 어려우며, 이러한 결과는 지문인식에 영향을 주게 된다. 본 논문에서는 지문 이미지에서 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 분할된다. RLC를 고려하여 run이 작은 영역부터 차례로 반전 시켜서 최종적으로 2개의 영역으로 분리되는 이진 이미지를 구하게 된다. 또한, 실험을 통하여 제시된 알고리즘이 지문이미지에서 효율적으로 적용되어짐을 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.

### 키워드

Run length connectivity, Segmentation, Fingerprint, Biometrics, Verification

### 1. 서 론

오늘날 생체인식에 대한 관심이 증대 되는 가운데 지문인식은 고유성과 불변성 때문에 안정성, 실

용성, 상용성이 높아 현재 생체 인식 기술 중 가장 많이 쓰이고 있으며, 물리적 출입 통제 및 근태관리, 금융, 전자 상거래들 정보 보안 및 인증에 이르기까지 여러 분야에 응용되고 있다[1].

지문인식은 입력받은 지문 이미지에서 지문이 가지고 있는 특징을 추출 하여야하는데 추출하기 위해서는 이미지의 전처리 과정, 지문의 방향성 추출, 지문영역의 분리, 이진화 및 세선화를 거친 뒤 지문영역에서 지문의 특징들을 추출 하게 된다[2].

본 논문에서는 입력받은 지문 이미지에서 지문 영역만을 추출하기 위해 일반적으로 Sobel 마스크를 이용하여 분산을 구해서 문턱치보다 적은 값을 분리 하였으나 정확한 영역의 분리가 어려워 RLC(Run Length Connectivity)를 이용하여 영역을 지문영역과 배경영역으로 분리하는 알고리즘을 제시한다.

II장에서는 지문인식의 일반적 과정에 대하여 알아보고, III장에서는 제안된 RLC를 이용한 영역 분리 알고리즘에 대하여 기술하였으며 IV장에서는 실제 지문을 이용한 실험을 하였다.

## II. 지문인식의 일반적 과정

지문의 특징점 추출을 위해서는 그림 1과 같이 여러 단계를 거치게 된다. 먼저 원시 입력 지문 이미지의 품질을 향상시키는 전처리 과정을 거치게 되며, 그 후 용선의 방향 성분을 찾아내는 방향성 추출과정과 지문영역과 배경을 분리하는 과정을 거치게 된다. 배경 분리가 완료되면 이미지의 명암 정보를 이용하여 이진화를 수행하고, 이 이진 이미지에 대하여 세선화를 수행하여 용선의 굵기가 1인 이진 이미지를 얻게된다. 다음단계로 세선화된 이진 이미지에 대하여 끝점, 분기점등 특징점을 추출하게 된다[2].

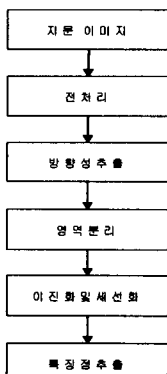


그림 1. 지문의 특징점 추출  
Fig. 1. Minutia extraction of fingerprint

지문이미지에서 영역분리는 지문이미지의 특징점을 가지고 있는 지문영역과 배경으로 나뉘어져야 한다. 그 방법으로는 문턱값을 이용한 방법과 명도변위를 이용한 방법 그리고 방향 변위를 이용한 방법이 있다.

### 1. 문턱값을 이용한 방법

문턱값을 이용한 방법은 입력 이미지의 히스토그램을 이용하는 방법으로 지문이미지의 히스토그램이 명확할 경우에 잘 적용이 된다. 하지만 지문 이미지는 지문영역과 배경영역의 히스토그램이 명확하지 않은 지문이미지들이 많이 있으므로 잘 사용하지 않는다[3].

### 2. 명도변위를 이용한 방법

그레이 스케일 변화는 다음과 같이 블록 각각을 계산한다.

$$V(k) = (1/N) \sum c(i, j)^2 - M(k)^2 \quad (1)$$

V(k)는 블록 k의 변화, C(i,j)는 블록 k에서 점(i,j)의 그레이 값, M(k)은 블록 k를 위해 평균 그레이 값을 나타낸다. 배경은 그레이 스케일 변화의 값은 작고 지문영역은 크게 나온다.

명도 변위를 이용한 방법의 문제는 낮은 대조와 입력되는 이미지의 개선이 없으면 원하는 결과를 나타내지 못한다. 또한 용선과 방향을 감지 못 할 만큼의 배경이면 잡음 영역 검출을 할 수 없다. 그래서 부분적으로 흐린 영상에 대해서는 잘 이용되지 않는다[4].

### 3. 방향변위를 이용한 방법

명도변위를 이용한 방법을 보완하는 방법으로 쓰인다. 지문이미지의 방향은 아래 수식에 의해 구해진다.

$$K(i, j) = \text{Min} \sum_{m=1}^L |C(i_m, j_m) - C(i, j)| \quad (2)$$

C(i, j)는 점 (i, j)의 그레이 값을 나타내고 C(i<sub>m</sub>, j<sub>m</sub>)는 측정된 각각의 방향 m을 나타내며, L은 계산에 의해 선택된 픽셀의 수이다. 지문영역과 배경에 해당하는 방향성 이미지들의 값을 히스토그램을 구해 히스토그램의 최고 값이 몇몇 임계값의 PEAKLMT를 초과하면, 그 영역은 분명히 지문영역에 속한다. 히스토그램에 피크들의 차이가 몇몇 임계값 보다 작으면 그 영역은 분명히 배경을 나타낸다. 방향의 변화가 몇몇 임계값의 VARLMT 보다 크면 그 영

역은 지문영역이다.

위의 규칙을 적용함으로써 생기는 고립된 영역이 발생하게 되나 이것은 평활화를 통하여 보완될 수 있다[5]. 따라서 명도 변위 방법과 마찬가지로 지문영역과 배경 영역의 분리가 어렵다. 실제 지문 영역인 영역이 배경으로 없어지는 경우가 발생함으로 지문이미지에서 얻어지게 되는 특징점의 손실을 가계 오게 된다[6,7].

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

$$SobelX = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad SobelY = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$M(i, j) = \frac{1}{w \times w} \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} \sqrt{(G_x^2(u, v) + G_y^2(u, v))} \quad (4)$$

$w$  는 블록의 크기를 나타내며 본 연구에서는 8x8를 사용하였고,  $G_x$  는 x축 방향의 기울기  $G_y$  는 y축 방향의 기울기를 나타내며 식(4)를 사용해 분산을 구해낸다.

균일한 명도 값을 가지는 영역의 블록에 대해서는 분산이 0에 접근하므로 적당한 문턱치를 설정하여 분산이 문턱치 보다 작은 영역의 이미지가 분리될 수 있도록 한다[9,10]. 이러한 과정을 거쳐서 배경분리를 하게 되면 일반적으로 그림 2에서 보듯이 여러 개의 영역으로 분리되어 지문영역과 배경영역이 완전히 나누어지지 않는다. 따라서 지문 이미지를 지문영역과 배경영역의 두 영역으로 분할 할 수 있는 효율적인 알고리즘이 필요하게 된다. 본 논문에서는 이를 위하여 RLC를 이용하는 방법을 제시한다.

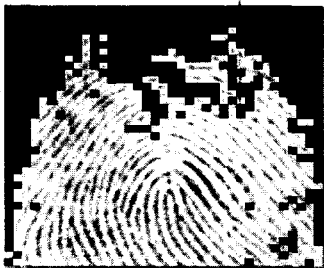


그림 2. 문턱치를 이용한 영역분리  
Fig. 2. Segmentation using threshold

### III. RLC에 기초한 영역분리

문턱치를 이용한 지문영역과 배경영역의 분리는 앞장에서 지적한 바와 같이 여러 영역으로 나누어지게 된다. 그래서 다음과 같은 방법으로 지문영역과 배경영역으로 영역이 두개로 나누어지도록 한다. 그림 3는 RLC를 이용한 지문영역과 배경영역 분리를 나타낸 순서도 이다. 입력 받은 지문은 기존의 문턱치를 이용한 방법으로 지문 이미지를 지문영역과 배경영역으로 나누어 지문영역은 흰색으로 배경영역은 검은색으로 이진 이미지로 바꾼다 [11]. 이진 이미지의 각 행과 열에 대하여 RL(Run Length)을 구하여 RL이 작은 값부터 순차적으로 반전시켜 영역이 두개로 분리 될 때 까지 계속 반복한다.

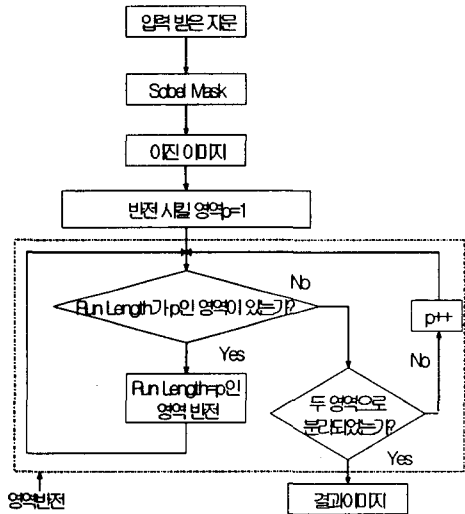


그림 3. RLC에 의한 지문영역과 배경영역의 분리를 나타낸 순서도.

Fig. 3 Flowchart that displays segmentation of fingerprint and background region using RL

그림 4는 10x10 크기를 갖는 이진 이미지를 예로 설명 하였다. 이진 이미지의 흰색은 지문영역을 나타내는 영역이고, 검은색 부분은 배경영역을 나타내는데, 입력받은 10x10 이진 이미지 주위에 더 큰 영역의 검은색 영역 즉, 배경영역이 있다고 가정하고, 반전해야 지문영역과 배경영역의 분리가 잘 된다. 그림 4 (a)의 10x10 이진 이미지를 x축 방향으로 카운트를 해서 RL이 1인 영역의 화소값을 반전시킨다. 그림 4 (b)는 x축으로 RL이 1인 영역을 반전시킨 이미지이다. 그 후 그림 4 (b)에서 y

축으로 카운트해 y축으로 RL이 1인 영역의 화소값을 반전시킨다. 그림 4 (c)는 y축으로 RL이 1인 영역을 반전시킨 이미지이다. 그림 4 (c)에 보이는 것과 같이 x축 y축으로 RL이 1인 영역을 반전시켰어도 아직 RL이 1인 영역이 남아 있으므로 위의 방법대로 x축과 y축으로 RL이 1인 영역이 없어질 때 까지 계속 반복해 나간다. 그러면 그림 4 (d)에 서와 같이 RL이 1인 영역은 완전히 제거 된다.

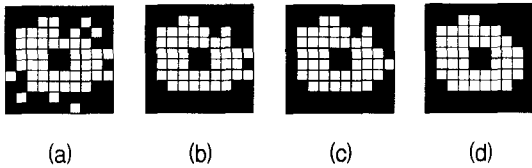


그림 4. RLC 예제 이미지

(a)문턱치로 분리한 이진 이미지 (b)x축으로 RL이 1인 영역을 반전시킨 이미지 (c)y축으로 RL 1인 영역을 반전시킨 이미지 (d)1인 영역이 없어진 최종 이미지

Fig. 4. 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

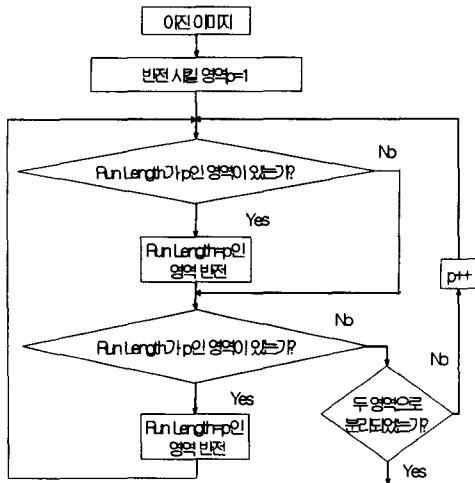


그림 5. 그림 3의 점선부분의 세부순서도.

Fig. 5. Details flowchart of dotted line portion of Fig. 3.

이 알고리즘에서 영역반전에 이어 두 번째로 고려되어야 할 사항은 이진 이미지가 두 영역으로 분리되었는지 아니면 두 영역 이상으로 구성되었는지 판단하는 것이다. 즉, 영역에 대한 라벨링이 필

요하다. 본 알고리즘에서는 이를 위해 RLC를 사용하였다. RLC를 알아보기 위해서는 먼저 각 행의 영역에 대해서 영역의 시작점, 끝점, 화소값을 구하고, 영역의 라벨을 부여한다. 각 행에는 하나 이상의 영역이 나타날 수 있다. 비교되는 영역은 비교되는 영역 행의 앞 행의 영역들을 비교 대상 영역으로 한다.

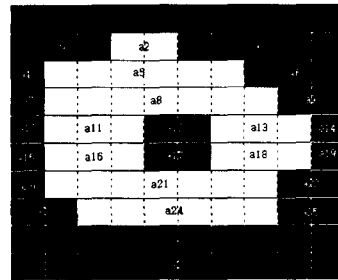


그림 6. 그림 4(d)의 영역 라벨링.  
 Fig. 6. Region labeling of Fig. 4(d).

그림 6 은 그림 4(d)의 그림을 RLC를 보여주기 위해 영역을 나누고 각 영역마다 라벨링을 한 것이다. 영역이 두개로 분리 되었는지 알기 위해서는 a0영역과 a1영역의 화소값이 같은지 먼저 확인을 하고 같다면 a1의 영역이 a0의 영역에 포함이 되는지를 확인한다. 확인을 해서 두 조건에 만족 하면 a0과 a1는 같은 영역이므로 a0영역의 라벨 a0를 a1 영역의 라벨 a1대신 복사해서 넣는다. 이렇게 a0부터 a27까지 비교를 하면 영역이 몇 개로 나뉘어 졌는지는 영역의 라벨이 몇 개가 나오는지 보고 알 수 있다. 두개의 영역으로 나뉘어져 있다면 결과 이미지를 출력한다. 그림 6에서는 영역이 3개로 나뉘어져 있는 것을 알 수 있다. 영역이 2개로 되지 않았으면 다시 x축으로 카운트해 RL이 x축으로 2인 영역의 화소값을 반전시킨다. x축으로 RL이 2인 영역을 바꾼 이미지를 다시 y축으로 카운트해 위와 같은 방법으로 영역이 지문영역과 배경영역 두 영역으로 나뉘어 질 때 까지 RL을 증가해 가면서 영역을 바꿔 나간다.

#### IV. 실험결과 및 검토

그림 7 (a)는 실험에 사용된 지문이미지 중 하나를 나타내며 크기는 300×300화소이다. 그림 7 (b)는 3×3크기의 Sobel 마스크를 이용해 x축 y축의 밝기의 편차와 분산을 계산해서 문턱치 값 보다 작

은 값을 분리해서 이진 이미지를 구한 것이다.

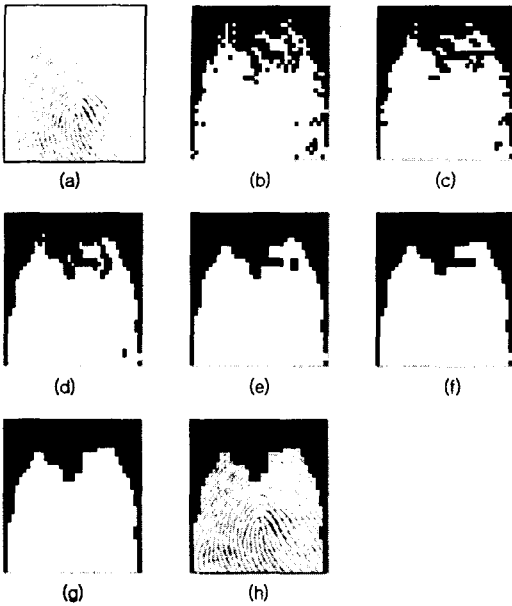


그림 7. 알고리즘 진행에 따른 영역분리 과정.  
Fig. 7. Region segmentation process by algorithm progress.

그림 7 (c)는 이진 이미지를 x축으로 카운터해서 RL이 1인 영역의 값을 반전 시킨 것이다. 그림 7 (d)는 그림 7 (c)를 y축으로 카운터해서 RL이 1인 영역의 값을 반전시킨 것이다. 그림 7 (d)를 보면 RL이 1인 것은 반전 하였지만 새롭게 RL이 1인 영역이 있음을 알 수 있다. 따라서 그림 5에서 설명한 바와 같이 RL이 1인 영역이 완전히 제거 될 때까지 반복적으로 알고리즘이 수행 된다. 그림 7 (e)는 이러한 방법으로 RL이 1인 영역이 모두 제거된 결과를 보여 준다. 이러한 과정을 거치고 난 후 지문영역과 배경영역의 분리가 두 부분으로 잘 나누어 졌는지 확인하는 단계를 거치게 된다. 영역이 두 부분으로 나누어 졌다면 결과 이미지를 출력 하겠지만 그림 7 (e)에서는 세부분으로 나누어져 있기 때문에 RL이 2인 영역을 반전 시켜야 한다. 그림 7 (f)는 그림 7 (e)를 x축으로 카운트하여 RL이 2인 영역을 반전시킨 것이다. 그림 7 (g)는 y축으로 카운트해 RL이 2인 영역을 반전시킨 것이고, 그림 7 (h)는 그림 7 (g)가 지문영역과 배경영역으로 완전히 두 부분으로 분리 되었는지 확인 후 두 부분으로 나누어 졌기 때문에 알고리즘은 종료하게 되며 그 결과를 보여준다.

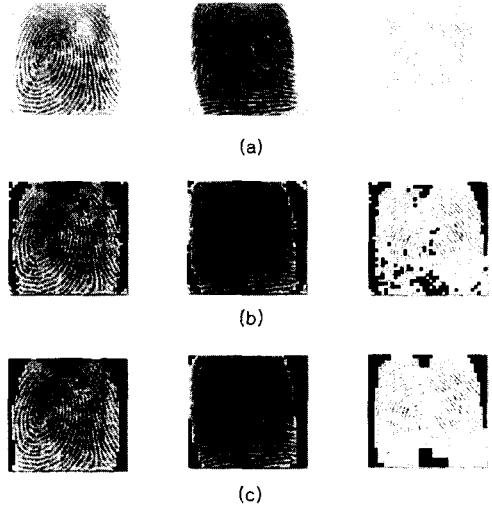


그림 8. 여러 가지 지문이미지에서의 결과.  
(a)원 이미지. (b)문턱치로 지문영역과 배경영역을 분리한 이미지. (c)RLC로 지문영역과 배경영역을 분리한 이미지.  
Fig. 8. Result in various kinds of fingerprint image. (a)Original image (b)After thresholding (c)Final result using RLC

그림 8에 나타난 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.

## V. 결 론

지문영역과 배경을 분리하기 위해 기존의 방법을 사용하게 되면 지문영역에 배경영역이 또, 배경영역에 지문영역이 II장에서 설명한 것과 같이 나타나게 된다. 따라서 본 연구에서는 Sobel 마스크

를 이용해 x축 y축의 밝기의 편차와 분산을 계산해서 문턱치보다 작은 값을 분리하는 방법으로 지문영역과 배경부분을 분리하였다. 그리고 그 이미지의 RL을 구해 RL이 작은 것부터 차례대로 반전되게 하고 영역을 라벨링한다. 각 영역의 상관도를 조사하여 지문영역과 배경영역 두 영역으로 분리될 수 있는 RLC알고리즘을 제안 하였으며 실험을 통하여 지문의 품질이 좋지 않은 경우에도 정확하게 배경 분리가 이루어지는 것을 보였다.

향후연구방향 및 활용방향은 보다 빠른 계산을 위해서 계산량을 줄일 수 있도록 개선해 나갈 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 2003학년도 경성대학교 부설 공학기술연구소 특별과제 연구비 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

### 참고문헌

- [1] 한국정보보호센터 연구원 황성원, "지문 인식 시장 동향 분석", 2001년 3월
- [2] 유기영, 배인구, 조병호, 김중섭, 배재형 "지문에서 골추적을 이용한 지문정합" 정보과학회지 제19권 pp 51~59. 제7호 2001년 7월
- [3] A.Rosenfeld and A.C.Kak, Digital Image Processing, AAcademic Press, New York, 1976
- [4] B.M mehtre, B.Chatterjee, "segmentation of fingerprint image-A Composite method", Pattern Recognition Vol. 22, No. 4, pp. 381-385, 1989
- [5] B.M mehtre, S.Kaporr, N.N Murthy, "Segmentation of fingerprint image using the direction image", Pattern Recognition Vol. 20, No. 4, pp. 429-435, 1987
- [6] 이남일, 김현철, 권순용, "가변적인 한계 영역에 의한 지문 영상의 분할" 한국멀티미디어학회 춘계학술발표논문집(학술발표), Vol.0, No. 0, 1998년
- [7] 이남일, 우용태, 이정환, "회전과 크기변화에 무관한 신경망을 이용한 지문 인식"한국정보

처리학회 논문지, Vol.1, No.2, 1994년

- [8] A. R. Rao, A Taxonomy for Texture Description and Identification. New York: Springer-Verlag, 1990
- [9] 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
- [10] 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
- [11] A. K. Jain Fundamentals of digital Image Processing, Prentice Hall, 1989

### 저자소개



**박정호(Jung-Ho Park)**

2002년 8월 경성대학교 전기전자공학과 졸업(공학사)  
20023년 9월~현재 경성대학교 대학원 전기전자공학과 재학중  
※관심분야 : 영상처리, 정보통신



**송종관(Jongkwan Song)**

1989년 2월 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
1991년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업(공학 석사)  
1995년 8월 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업(공학 박사)  
1995년~1997년 한국이동통신(현 SK Telecomm) 중앙연구소 선임연구원으로 근무  
1997년 이후 경성대학교 전기전자 메카트로닉공학부 부교수로 재직  
※관심분야 : 영상처리 및 통신



**윤병우(Byung-Woo Yoon)**

1987년 부산대학교 전자공학과  
공학사

1989년 부산대학교 전자공학과  
공학석사

1992년 부산대학교 전자공학과  
공학박사

1993년~1995년 한국전자통신연구원 선임연구원

1995년~현재 경성대학교 전기전자 메카트로닉공  
학부 부교수

※관심분야 : 배열안테나, 적응신호처리, 음성신호  
처리, VLSI 설계