

단점 및 분기영역 분리를 이용한 지문영상의 고속 세선화 방법

이 정 환[†] · 심 재 창^{††}

요 약

본 논문에서는 단점 및 분기영역 분리를 이용한 지문영상의 고속 세선화 방법을 제안하였다. 자동지문인식 시스템에서 단점 및 분기점과 같은 특징점을 검출하기 위해 지문영상의 세선화는 매우 중요한 과정이다. 본 논문에서는 분할된 지문영상을 런길이 부호화를 이용하여 용선의 단점 및 분기점이 포함된 영역을 먼저 분리하고 이들 영역에 대해 병렬세선화 과정을 수행한다. 그리고 단점 및 분기영역을 제외한 나머지 부분은 런의 중심점 좌표를 연결하여 용선을 세선화한다. 제안방법의 성능평가를 위해 분할된 이전 지문영상을 사용하여 기존방법과 비교하였으며 실험결과 제안방법이 세선화정도가 우수하며 및 수행시간이 고속임을 알 수 있었다.

Fast Thinning Method for Fingerprint Image by Separating End and Bifurcation Regions

Jeong-Hwan Lee[†] · Jae-Chang Shim^{††}

ABSTRACT

In this paper, a fast thinning method for fingerprint image by separating end and bifurcation regions is proposed. To detect feature points in automatic fingerprint identification system, thinning of fingerprint is essential. The end and bifurcation regions in ridge line are separated by means of run-length coding, and parallel thinning method is applied to the separated regions. The rest parts except the end and bifurcation regions are processed by connecting center points of each run. The performance of the proposed method has been evaluated by CPU processing time and thinness measurement. By the experimental results, the proposed method is fast and has high thinness value.

1. 서 론

최근 컴퓨터와 통신망이 급속히 보급되고 전자상거래가 현실화 가능하게 되면서 사용자 및 시스템의 보안 문제가 매우 중요하게 되어 이에 관한 연구가 국내 외적으로 활발히 진행되고 있다[1, 2, 15, 16]. 특히 자동

화된 수단으로 특정 개인의 신분을 인식하기 위해 측정 가능한 물리적 특성 또는 개인의 특성을 연구하는 것과 이를 컴퓨터등을 이용하여 보안 및 인식시스템으로 구현하는 연구가 진행되고 있다[7, 14].

보안 및 인식 시스템에 사용될 수 있는 생체학적 특징으로는 지문, 장문(palm print), 손모양, 망막, 홍채, 얼굴, 혈관등이 사용되고[1]. 그러나 이들 특징들 중에서 지문은 가장 보편적으로 사용되는 매우 중요한 특징이다. 지문은 고대부터 범인식별의 수단으로 많이

[†] 정 회 원 : 안동대학교 전자공학전공 교수

^{††} 정 회 원 : 안동대학교 컴퓨터전공 교수

논문접수 : 1999년 1월 18일, 심사완료 : 1999년 9월 20일

사용되어 왔으며 최근 국내의 경우 전자주민카드에 개인식별을 위해 지문을 사용하는 연구가 진행되고 있는 등[15, 16] 관련 기술의 발전으로 자동지문인식 시스템(automatic fingerprint identification system : AFIS)의 사용이 앞으로 증가할 것으로 예상된다. Ratha[7]등은 대규모 지문영상 데이터베이스에서 실시간으로 입력된 지문영상을 정합하는 방법을 연구하였으며, Roddy[6]등은 세공(pore)를 이용한 지문인식시스템을 통계적인 방법에 기초하여 연구하였다. 그리고 Jain[1]등은 개인식별을 위해 지문을 사용하여 회전된 지문 입력영상을 데이터베이스에 있는 영상과 정합하는 방법을 제안하였다.

일반적인 자동지문인식 시스템에서 특징점(minutia-based)에 기반을 둔 인식 시스템의 특징추출과정은 다음과 같다[1, 7]. 즉 제조 지문영상으로부터 (1) 평활화(smoothing)등 잡음제거를 위한 전처리과정을 거치고 (2) 분산등을 이용하여 배경과 처리할 지문영역을 분할하고 (3) 용선의 분리 및 평활화 과정을 수행하고 (4) 분리된 용선에 대하여 세선화과정을 거치고 (5) 특징점(minutia)을 검출하고 (6) 불필요한 특징점을 제거하는 후처리과정을 거쳐서 인식을 위한 최종적인 특징점을 검출하게 된다.

일반적으로 위의 과정중 세선화 과정에 소요되는 시간이 많은 부분을 차지하게 된다[7]. 따라서 전체 인식 처리 시간을 줄이기 위하여 고속 세선화 방법을 연구할 필요가 있다. 세선화 방법은 처리방법에 따라 병렬(parallel)세선화 방법과 직렬(sequential)세선화 방법으로 나눌 수 있다[3, 4, 9, 13]. 병렬세선화는 영상의 모든 화소에 대하여 동시에 세선화를 수행하는 방법이고 직렬세선화는 순차적으로 한 화소단위로 세선화하는 방법이다. 따라서 직렬세선화는 속도가 느리지만 소요되는 메모리가 작으며 하드웨어로 구현시 구조가 간단하다. 반대로 병렬세선화는 병렬 컴퓨터를 사용할 경우 고속으로 처리 가능 하지만 하드웨어 구조나 메모리가 많이 필요하다.

Zhou[4]등은 경계부분을 제거하기 위해 평활화 창틀(window) 및 여러 가지 성능 평가 척도를 사용하는 두번 통과(two pass) 직렬세선화 방법을 제안하였으며 Choy[9]등은 창틀의 크기를 크게 하여 이웃화소의 분포 모양을 다양하게 변화시키면서 세선화하는 병렬세선화 방법을 제안하였다. Fan[8]등은 한자를 세선화하기 위해 한자의 각 획을 몇 개의 블록으로 나누고 각각의 블록의 경계를 분절(segment)로 나누어 세선화하

는 방법을 제안하였으나 이 방법은 속도는 비교적 고속이지만 각 블록에서 구한 세선화된 선을 서로 연결하는 과정이 필요하다. Kwok[10]는 물체의 경계점을 추적하면서 세선화하는 방법을 연구하였으며 Lam[3]등은 기존의 여러 가지 세선화 방법을 비교 분석하였다.

본 논문에서는 자동지문인식 시스템에서 지문영상 세선화과정을 고속으로 수행하는 방법을 제안하고자 한다. 제안된 방법은 먼저 런길이(run-length) 부호화를 이용해서 특수런을 검출한 뒤 이를 이용하여 지문영상의 용선의 끝점, 분기점등이 있는 부분을 먼저 분리한 후 이를 세선화하고 나머지 부분은 용선의 중심화소를 연결하여 고속으로 세선화하는 방법이다.

2. 특수런 검출

런길이(run length) 부호화는 이진영상을 해석하고자 하는 영역에 속하는 런들의 집합으로 표시하는데, 여기서 “런(run)”이란 라스터 주사방식의 영상처리장치에서 임의의 수평 주사선에서 물체 혹은 배경에 속하는 연속된 화소들의 모임으로 정의된다. 런길이 부호화는 이진영상을 구성하는 각 런의 시점과 종점의 (x, y)좌표로 이진영상을 부호화하는 방법이다[5]. 이진영상을 라스터 주사할 때 n번째 주사선에서 물체에 속하는 런의 시점을 (XL(n), Y(n))이라 하고 종점을 (XR(n), Y(n))이라 하면, 이진영상 Z는

$$Z = \bigcup_{n=1}^N R(n) = \bigcup_{n=1}^N (XL(n), XR(n); Y(n)) \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \text{where} \\ & (X(n), Y(n)) \in (XL(n), XR(n); Y(n)) \\ & XL(n) \leq \forall X(n) \leq XR(n), \quad X(n): \text{integer} \end{aligned}$$

와 같이 표현할 수 있는데 여기서 R(n)은 주사하면서 n번째 검출된 런이며 N은 이진영상의 전체 런수이다. X(n)은 n번째 런에 속하는 화소의 x축 좌표값이며 정수이다. 이진영상에서 런길이 부호를 구하기 위해서는 각 런들의 연결성(connectivity)을 조사할 필요가 있는데 이를 위해 식(2)와 같은 “이웃함수(adjacency function) ADJ(·)”를 사용한다.

$$ADJ(R(m), R(n)) = \begin{cases} 1 & \text{if } R(m) \text{ and } R(n) \text{ are connected} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \text{where} \\ & R(m) = (XL(m), XR(m); Y(m)) \\ & R(n) = (XL(n), XR(n); Y(n)) \end{aligned}$$

여기서 $R(m)$, $R(n)$ 은 각각 m 및 n 번째 런이다. 런 길이가 부호로부터 지문 용선의 단점 및 분기점이 포함된 영역을 분리하기 위해서 아래와 같이 서로 독립적인 성질을 갖는 5개의 특수런인 D, F, R, S, X-run을 사용한다.

D-run : n 보다 작은 모든 m 에 대하여 $ADJ(R(m), R(n)) = 0$ 일 때 $R(n)$ 런.

F-run : n 보다 큰 모든 m 에 대하여 $ADJ(R(m), R(n)) = 0$ 일 때 $R(n)$ 런.

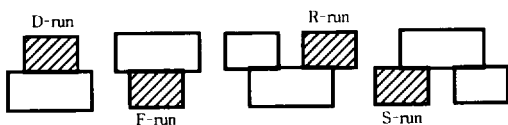
R-run : n 보다 큰 임의의 p 에 대하여 $ADJ(R(n-1), R(p)) = 0$, $ADJ(R(n), R(p)) = 1$, $ADJ(R(n-1), R(p)) = 1$ 인 조건을 만족하는 런 $R(p)$ 가 존재할 때의 $R(n)$ 런.

S-run : n 보다 작은 임의의 p 에 대하여 $ADJ(R(n+1), R(p)) = 0$, $ADJ(R(n), R(p)) = 1$, $ADJ(R(n+1), R(p)) = 1$ 인 조건을 만족하는 런 $R(p)$ 가 존재할 때의 $R(n)$ 런.

X-run : 위의 D,F,R,S-run을 제외한 모든 런.

즉 임의의 주사선상의 런 $R(n)$ 을 기준으로 바로 위의 주사선에는 $R(n)$ 과 연결된 런이 없고 처음으로 런이 나타날 때 $R(n)$ 을 "D-run"이라 하고, D-run과 반대로 $R(n)$ 과 연결된 런이 바로 다음 주사선에는 없을 때 $R(n)$ 을 "F-run", 그리고 현재 주사선에서 서로 연결되지 않은 두 런이 바로 다음 주사선에서 하나의 런으로 연결될 때 현재 주사선상의 연결된 런중에서 오른쪽 런을 "R-run"이라 한다. 또 현재 주사선의 바로 전 주사선에서 하나의 런이 현재 주사선에서 연결되지 않는 서로 다른 두개의 런으로 분리될 때 현재 주사선상의 왼쪽 런을 "S-run"이라 한다.

이진영상을 라스터 주사하면서 앞에서 정의한 런들을 구하기 위해서는 3×2 창틀을 사용하여 각 런의 시점과 종점의 (x, y) 좌표값과 특수런의 종류를 결정하면 된다. 여기서 3×2 창틀을 사용한 것은 런의 종류를 결정하기 위해서는 현재 주사선과 바로 전의 주사선 그리고 바로 다음 주사선에 위치한 런들의 연결상태를 알아야 하기 때문이다. 라스터 주사하면서 각 런의 시점과 종점에 대하여 발생순서에 따라 그 점의 x 좌표와 특수런을 저장하면 된다. (그림 1)에 특수런을 표시하였다.



(그림 1) 특수런

3. 제안된 지문세선화 방법

지문영상은 산맥과 같이 솟아오른 용선(ridge)과 용선과 용선사이 계곡과 같이 파인 부분인 골(valley)로 구성되어 있으며 용선의 넓이는 대부분 균일하고 각각의 용선은 환형이다. 이런 지문영상에서 자동지문인식을 위해 사용되는 특징들은 용선이 부드럽게 흐르다가 끊어지거나 분리되는 점과 두 용선이 한 개의 용선으로 결합하는 점 혹은 이들의 복합적인 형태이다. 이때 용선이 끊어지는 끝점을 단점(ending point), 분리되는 부분을 분기점(bifurcation point)이라고 한다. 그리고 이러한 특징점들을 검출하기 위해서 지문영상을 세선화하고 세선화된 선을 추적하여 각 화소를 탐색한 횟수에 의해 단점과 분기점을 구분하여 검출한다.

본 논문에서는 먼저 런길이 부호화를 수행하여 용선을 앞에서 설명한 특수런인 D, F, S, R, X런과 각 런의 시점과 종점으로 표현한다. 그리고 D, F, S, R, X런과 런의 시점 및 종점으로부터 분기점과 단점이 포함된 특징 영역을 다음과 같이 검출한다.

3.1 단점이 포함된 영역

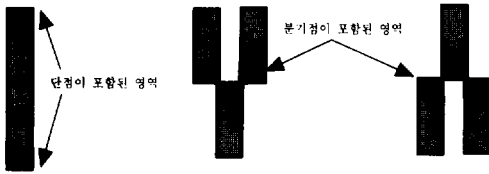
① n 번째 런이 D 혹은 F런일 때 런 $(XL(n), XR(n); Y(n))$ 을 만족하는 화소

3.2 분기점이 포함된 영역

① n 번째 런이 R런일 때 n 보다 큰 임의의 p 에 대하여 $ADJ(R(n-1), R(p)) = 1$ 및 $ADJ(R(n), R(p)) = 1$ 를 동시에 만족하는 화소, 즉 $(XL(n-1), XR(n-1); Y(n)), (XL(n), XR(n); Y(n))$ 및 $(XL(p), XR(p); Y(n)+1)$ 를 동시에 만족하는 화소

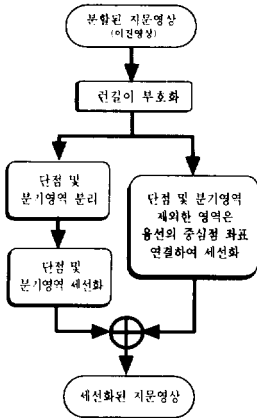
② n 번째 런이 S런일 때 n 보다 작은 임의의 p 에 대하여 $ADJ(R(n+1), R(p)) = 1$ 및 $ADJ(R(n), R(p)) = 1$ 를 동시에 만족하는 화소, 즉 $(XL(n+1), XR(n+1); Y(n)), (XL(n), XR(n); Y(n))$ 및 $(XL(p), XR(p); Y(n)-1)$ 를 동시에 만족하는 화소

즉 단점이 포함된 특징 영역은 D런과 F런을 구성하는 화소들이다. 그리고 분기점이 포함된 특징 영역은 ① 현재 런이 R런이면서 R런 바로 앞의 런과 R런과 연결된 바로 다음 주사선의 런 $R(p)$ 로 구성되는 영역과, ② 현재 런이 S런이면서 S런 바로 다음 런과 S런과 연결된 바로 앞 주사선의 런 $R(p)$ 로 구성되는 영역이 된다. (그림 2)에 단점 및 분기점을 포함하는 특징 영역을 표시하였다.



(그림 2) 단점 및 분기점 포함 영역

제안 방법은 분기점, 단점이 포함된 특징 영역은 3x3창들을 이용하여 경계 회소를 제거하는 병렬 세션화 방법 [14]을 적용하여 세션화 하고, 단점 및 분기점이 포함된 특징 영역을 제외한 나머지 부분은 모두 X런으로 구성된 영역이며 이것은 각 런의 중심점 좌표를 이웃관계(8 혹은 4)에 따라 서로 연결하여 세션화한 후 단점 및 분기점이 포함된 영역의 세션화 결과와 중심좌표를 연결한 결과 영상을 합하여 전체 지문영상을 세션화 하는 방법이다. 지문영상에서 단점과 분기점을 포함하는 특징 영역의 면적이 작기 때문에 제안 방법은 비교적 처리 속도가 빠르게 된다. (그림 3)에 제안 방법의 흐름도를 표시하였다.



(그림 3) 제안방법의 흐름도

4. 실험결과 및 검토

제안된 방법의 성능을 평가하기 위해 지문영상 입력 장치로부터 얻은 크기가 256x256인 지문영상으로 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 실험에 사용된 지문영상은 와상문형(whorl type)과 궁상문형(arch type) 2종류이다. 자동지문인식 시스템의 처리 과정중 세션화과정 전까지는 기존 방법[2]을 사용하여 분할된 이진 지문영상을 얻었다(그림 4) 와상문형의 세션화 결과다. (그림

4(a)는 분할된 와상문형 지문영상이고 (그림 4(b))는 제안된 방법으로 특수런인 D, F, R, S, X런을 검출하여 단점과 분기점이 포함된 특징 영역(검은색)을 비교를 쉽게하기 위해 원영상(붉은색)과 같이 표현한 것이다. 그리고 (그림 4(c))는 가장 간단한 지문영상 세션화 방법인 융선의 중심점을 연결하여 세션화 한 결과이다. 본 논문에서는 융선의 중심점을 앞에서 구한 런길이 부호화의 결과로부터 각 런의 중심점을 서로 연결하여 검출하였다. (그림 4(d))는 Zhou 방법[4]의 결과이고 (그림 4(e))는 Fairhurst 방법[14]의 결과이다. 그리고 (그림 4(f))는 제안방법의 중간단계인 특수런 및 융선의 중심좌표를 연결한 결과이며 (그림 4(g))는 제안방법의 결과이다. 그리고 (그림 5)는 궁상문형의 지문영상에 대한 실험결과이며 각 영상의 설명은 (그림 4)와 같다.



(a) 와상문형 지문영상

(b) 단점 및 분기영역



(c) 융선의 중심좌표 연결방법



(d) Zhou 방법[4]



(e) Fairhurst 방법[14]



(f) 특수런 및 융선의 중심좌표 연결



(g) 제안 방법

(그림 4) 와상문형의 세션화 결과



(그림 5) 공상문형의 세선화 결과

그리고 <표 1>은 성능평가를 위해 세선화 처리 시간과 세선화척도(thinness measurement : TM)를 각 방법에 대하여 비교한 것이다. 여기서 세선화척도는 다음 식(3)으로 구하였다[4].

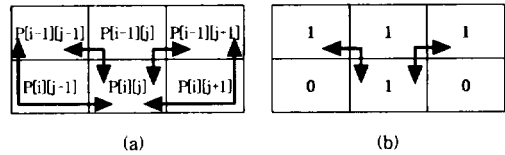
$$TM = 1 - \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} thinness(P[i][j])}{4[(\max(N, M) - 1)]^2} \quad (3)$$

where

$$thinness(P[i][j]) = P[i][j] * P[i][j-1] * P[i-1][j-1] + P[i][j] * P[i-1][j-1] * P[i-1][j] + P[i][j] * P[i-1][j] * P[i-1][j+1] + P[i][j] * P[i-1][j+1] * P[i][j+1]$$

여기서 N,M은 지문영상의 수직 및 수평방향의 크기를

며 $P[i][j]$ 는 화소(i,j)의 화소값이다. 세선화척도는 세선화 결과가 얼마나 정밀하게 세선화되었는가를 나타내는 값으로 만약 세선화된 용선의 폭이 모두 한 화소(one pixel)로 구성되면 TM값은 1이며 반대로 전체영상의 모든 화소값이 용선에 해당되면 TM값은 0이며 전혀 세선화되지 않은 것을 의미한다. 즉 TM은 세선화된 결과영상의 세선화정도를 표시하는 것이다. (그림 6)에 TM값을 구하는 방법을 나타내었다.



(그림 6) 세선화척도 (a)세선화척도를 위한 이웃관계 (b)thinness($P[i][j]$)=2

실험은 586 컴퓨터(200MHz)에서 C++언어로 구현하였다. 실험결과를 보면 용선의 중심점 연결 방법은 계산 시간은 빠르나 세선화 결과가 매우 부정확하여 정확한 특징점을 검출하기 어렵다. Zhou 방법[4]도 세선화 결과가 부정확하며 용선의 끝부분 및 일부 용선이 세선화 되지 않는 경우가 있으며 계산시간이 많이 소요된다. 그리고 Fairhurst 방법[14]은 세선화 결과는 비교적 우수하나 제안방법 보다 수행시간이 길다. 제안방법의 결과는 용선의 끝부분 까지 세선화하며 계산시간 및 세선화척도 면에서 우수함을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 단점 및 분기영역 분리를 이용하여 지문영상을 고속으로 세선화하는 효과적인 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 런길이 부호화를 이용해서 특수언어를 검출하고 이를 사용하여 지문영상에서 특징점이 분포하는 용선의 양끝부분, 두 용선이 서로 연결되는 부분 및 한 용선이 두개로 분리되는 부분을 검출한다. 그리고 위에서 검출된 연결 부분은 기존 방법을 적용하고 이를 제외한 나머지 용선 부분은 각 용선의 중심 화소를 연결하여 세선화 하는 방법이다.

일반적으로 지문인식 과정에서 세선화과정에 많은 시간이 소요되지만 제안 방법은 특징점이 존재할 가능성이 있는 부분과 그렇지 않은 부분을 먼저 분리하여

세선화하므로 처리 시간이 기존 방법과 비교하여 고속이다. 이것은 지문영상에서 특징점이 존재할 가능성이 있는 용선 부분의 면적은 작지만 용선의 중심점을 연결하여 간단히 세선화 할 수 있는 부분은 많기 때문이다. 앞으로 세선화 방법에 대한 다양한 척도를 사용하여 성능을 비교하는 연구가 좀더 필요하며 세선화 결과로부터 특징점을 검출하고 이를 이용하여 지문영상을 인식하는 알고리즘에 대한 연구가 필요하다.

〈표 1〉 처리시간 및 세선화척도

지문영상	방법	수행시간(초)	세선화정도(TM)
와상문형	용선의 중심점 연결방법	0.17	0.974425
	Zhou방법	3.13	0.967574
	Fairhurst방법	1.15	0.987615
	제안방법	0.66	0.987801
공상문형	용선의 중심점 연결방법	0.22	0.983167
	Zhou방법	4.12	0.955391
	Fairhurst방법	1.49	0.981927
	제안방법	0.55	0.994527

참 고 문 헌

[1] A.K. Jain, L. Hong, and S. Pankanti, "An identity authentication system using fingerprint," *Proceedings of IEEE*, Vol.85, No.9, pp.1346-1388, Sept. 1997.

[2] N.K. Ratha, S. Chen, and A.K. Jain, "Adaptive flow orientation-based feature extraction in fingerprint image," *Pattern Recognition* Vol.28, No.11, pp.1657-1672, 1995.

[3] L. Lam, S.W. Lee, and C.Y. Suen, "Thinning methodologies - A comprehensive survey," *IEEE Transaction on PAMI*, Vol.14, No.9, pp.869-885, Sept. 1992.

[4] R.W. Zhou, C. Quek, and G.S. Ng, "A novel single-pass thinning algorithm and an effective set of performance criteria," *Pattern Recognition Letters* 16, pp.1267-1275, 1995.

[5] S.D. Kim, J.H. Lee, and J.K. Kim, "A new chain coding algorithm for binary images using run-length codes," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing* 41, pp.114-128, 1988.

[6] A.R. Roddy and J.D. Stosz, "Fingerprint features-

Statistical analysis and system performance estimates," *Proceedings of IEEE*, Vol.85, No.9, pp.1390-1421, Sept. 1997.

[7] N.K. Ratha, K. Karu, S. Chen, and A.K. Jain, "A real-time matching system for large fingerprint databases," *IEEE Trans. on PAMI*, Vol.18, No.8, pp.799-813, Aug. 1996.

[8] K.C. Fan, D.F. Chen, and M.G. Wen, "Skeletonization of binary images with nonuniform width via block decomposition and contour vector matching," *Pattern Recognition* Vol.31, No.7, pp.823-838, 1998.

[9] S.O. Choy, S.T. Choy, and W.C. Siu, "New single-pass algorithm for parallel thinning," *Computer Vision and Image Understanding* Vol.62, No.1, pp.69-77, July, 1995.

[10] P.K. Kwok, "A thinning algorithm by contour generation," *Communications of the ACM*, Vol.31, No.11, pp.1314-1324, Nov. 1988.

[11] J.Y. Lin and Z. Chen, "A Chinese-character thinning algorithm based on global features and contour information," *Pattern Recognition* Vol.28, NO.4, pp.493-512, 1995.

[12] H. Freeman, "On the encoding of arbitrary geometric configuration," *IRE Trans on Electronic Computers*, EC-10, No.6, pp.260-268, 1961.

[13] Y. Ge and J.M. Fitzpatrick, "On the generation of skeletons from discrete Euclidean distance maps," *IEEE Trans. on PAMI*, Vol.18, No.11, pp.1055-1066, Nov. 1996.

[14] M.G. Fairhurst, "Computer vision for robotic systems," Prentice Hall, 1988.

[15] 김봉일 외 6인, "지문을 이용한 security system의 개발에 관한 연구", 한국과학기술원 시스템공학센터, 1988.

[16] 이석한, 박홍순, 신형식, 박상흠, "전자주민카드의 효율적 운영방안에 관한 연구", 한국전산원, 1996.

[17] F. Chang, Y.C. Lu, and T. Pavlidis, "Feature analysis using line sweep thinning algorithm," *IEEE Trans. on PAMI*, Vol.21, No.2, pp.145-158, Feb. 1999.



이 정 환

e-mail : jhlee@andong.ac.kr

1983년 경북대학교 공과대학 전
자공학과졸업(학사)

1986년 한국과학기술원 전지및전
자공학과(공학석사)

1993년 한국과학기술원 전지및전
자공학과(공학박사)

1990년~현재 안동대학교 전자공학전공 부교수

관심분야 : 영상신호처리, 컴퓨터비전등



심 재 창

e-mail : jcshim@andong.ac.kr

1987년 경북대학교 전자공학과 졸업
(학사)

1990년 경북대학교 전자공학과
대학원 졸업(석사)

1993년 경북대학교 전자공학과
대학원 졸업(박사)

1997년~1999년 IBM T. J. Watson Research Center,
Visiting Professor

1994년~현재 : 안동대학교 컴퓨터전공 조교수

관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터비전