

런길이 부호화를 이용한 이진영상의 중요점 검출

정회원 최미순*, 이정환*

Detection of Dominant Points in Binary Images based on Run_length Coding

Mi Soon Choi*, Jeong Hwan Lee* *Regular Members*

요 약

본 논문은 런길이 부호화를 이용하여 이진영상에서 중요점과 체인코드를 동시에 검출하는 방법을 제안하였다. 이진영상은 영역의 경계부분에 많은 정보가 포함되어 있으므로 이를 효과적으로 표현할 필요가 있는데 특히 기하학적인 정보를 구하기 위해 경계상의 중요점을 검출하는 것은 대단히 중요하다. 제안된 방법은 하드웨어 구현이 용이한 런길이 부호를 먼저 구하고 이를 이용하여 체인코드와 경계의 중요점을 동시에 검출하는 방법이다. 즉 특수런인 D, F, R, R*, S, S* 및 X런을 정의하고 이를 이용하여 체인코드를 구하며 동시에 특수런의 시점 혹은 종점을 이용하여 중요점을 검출하는 방법을 연구하였다. 성능평가를 위해 제안 방법을 한자, 한글, 숫자로 구성된 이진영상에 적용하였으며 실험결과 이진영상에서 중요점 검출 방법으로 사용할 수 있음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, an efficient method for detection of dominant points and chain codes in binary images based on run-length coding is proposed. In order to analyze and recognize binary images, especially to obtain geometrical information, dominant points of region boundaries are very important features. Several special runs such as D, F, R, R*, S, S* and X_run are introduced for run-length coding, and the binary image is represented by the special runs. Each special run includes its run property. The chain code and dominant points are detected simultaneously, and the proposed method is simulated using several binary images. By the computer simulation, it has been shown that the proposed method can be used to detect dominant points in boundaries.

I. 서 론

영상을 해석 또는 인식하기 위해서는 먼저 물체와 배경을 분할하고 이로부터 영상을 표현(image representation)하는 과정이 필요하다. 즉 컴퓨터를 이용하여 2차원 영상을 해석하기 위해서는 다양한 영상 분할 방법^[1,2]을 사용하여 계조영상(gray image)을 이진영상으로 변환할 필요가 있다. 이진영상은 물체와 배경사이의 경계부분에 그 물체에 대한 대부분의 정보가 포함되어 있으므로 물체의 기하학적인 정보를 추출하기 위해서는 이 경계를 효과적으로 부호화할 필요가 있다.

그리고 물체 경계상의 중요점은 물체의 기하학적인 특징을 보다 쉽게 표현할 수 있으며 물체의 중요한 정보를 포함하고 있으므로 이를 검출하는 것은 영상인식을 위해 매우 중요한 과정이다. 일반적으로 중요점 검출 방법은 크게 계조영상에서 검출하는 방법^[3]과 이진영상에서 검출하는 방법^[3-5,7]으로 나눌 수 있다. 계조영상에서 중요점을 검출하는 방법은 영상 분할 과정이 불필요하며 중요점을 계조값으로부터 바로 계산하는 방법으로 먼저 각 방향과 창틀(window)의 크기에 따라 여러개의 형판(template)을 정의하고 이를 계조영상과 정합하여 가장 오차가 적은 형판에 해당하는 점을 중요점으로 검출하는 것

* 안동대학교 전자정보산업학부(jhlee@anu.andong.ac.kr)
논문번호 : 98071-0219, 접수일자 : 1998년 2월 19일

로 창틀의 크기 및 방향에 따라 너무 많은 형판을 고려해야 하므로 많은 계산시간이 필요하다. 이진영상에서 검출하는 방법은 대부분 영역 경계에 근거한 (boundary-based) 방법^[1,14]으로 영역의 경계를 검출하고 경계를 구성하는 각 화소에 대하여 다양한 곡률척도^[1,7]를 사용하여 곡률(curvature)값을 계산하고 곡률값이 큰 화소를 중요점으로 검출한다.

경계에 근거한 대표적인 방법은 분할(split) 방법, 결합(merge) 방법 그리고 두 방법을 결합한 분할 및 결합(split-merge) 방법이 있다^[3,7]. 즉 분할 방법은 경계가 하나의 분절(segment)로 구성될 때 경계상의 각 점들을 추적하면서 적당한 척도값을 계산하고 이 값이 주어진 문턱값보다 크면 그 점을 중요점으로 검출하는 것이고, 반대로 결합 방법은 경계의 모든 점을 중요점이라 생각하고 경계를 추적하면서 계산된 척도값이 문턱값보다 작으면 제외하는 방법으로 중요점을 검출한다. 분할 및 결합 방법은 위의 두 방법을 결합한 것이다. 이들 방법은 시작점의 위치, 물체의 회전에 따른 경계점의 이동 및 물체의 크기 변화 등에 민감한 특성을 갖고 있으나 계산시간이 빠르고 구현이 용이하므로 많이 사용되는 방법이다.

디지털 이진 영상의 경계점을 추적하면서 중요점을 검출하는 방법은 대부분 경계에 가장 근접한 다각형을 찾는 것이다. 즉 근접 다각형과 원 경계사이의 오차^[1,3]가 최소가 되도록 주어진 경계를 몇 개의 분절(segment)로 나누고 이 분절의 끝을 중요점으로 검출하는 것이다. 분절의 끝은 결국 근접 다각형의 꼭지점이며 이 점은 경계점을 추적하면서 곡률을 계산하여 구할 수 있는데 연속함수의 경계인 경우는 경계상의 각 점에서의 접선방향의 각도와 호의 길이에 의해 곡률을 계산할 수 있으나 디지털 영상과 같이 이산함수의 경계인 경우는 정확한 곡률을 계산하기 어렵다^[10]. 이를 위해 이산적인 경계를 가우시안 필터, scale-space 필터등으로 필터링을 한 후 중요점을 검출하는 방법^[10-11]이 제안되었는데 이 방법은 필터크기에 따라 중요점이 검출되지 않는 경우가 있다. 즉 필터의 크기를 크게하면 중요점이 사라지게 되고 반대로 필터크기를 작게하면 중요점이 너무 많이 검출되어 잡음에 민감하게 된다.

본 논문에서는 이진영상내에 여러개의 영역이 존재할 때 각 영역의 경계상의 중요점을 검출하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 경계에 근거한 방법으로 이진영상으로부터 먼저 특수한 성질을 갖는 특수런들을 정의하고 이를 이용하여 중요점과 체인코

드^[12,13]를 동시에 검출하는 방법이다. 즉 런길이 부호화의 결과로부터 1차 중요점을 검출하고 1차 중요점 사이의 경계에 대하여 곡률척도를 이용하여 곡률값을 계산하고 이 값이 주어진 문턱값 이상인 점을 2차 중요점으로 검출하는 것으로 중요점과 체인코드를 동시에 검출할 수 있는 방법을 연구하였다.

II. 특수런 및 경계 검출

1. 특수런 검출^[12]

런길이 부호화는 이진영상을 해석하고자 하는 영역에 속하는 런들의 집합으로 표시하는데, "런(run)"이란 라스터 주사방식의 영상처리장치에서 임의의 수평 주사선에서 물체 혹은 배경에 속하는 연속된 화소들의 모임이다. 런길이 부호화는 이진영상을 구성하는 각 런의 시점과 종점의 (x,y)좌표로 이진영상을 부호화하는 방법이다. n번째 주사선에서 물체에 속하는 런의 시점을 (XL(n),Y(n))이라고 하고 종점을 (XR(n),Y(n))이라 하면, 이진영상 Z는

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

where

$$(X(n), Y(n)) \in (XL(n), XR(n); Y(n)) \\ XL(n) \leq \forall X(n) \leq XR(n), X(n): \text{integer}$$

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

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

where

$$R(m) = (XL(m), XR(m); Y(m)) \\ R(n) = (XL(n), XR(n); Y(n))$$

여기서 R(m), R(n)은 각각 m 및 n번째 런이며 또한 ADJ(R(m),R(n))=1 인 경우 4-이웃관계(혹은 8-이웃관계)에 대하여

$$|Y(m) - Y(n)| = 1, \text{ if } XL(m) < (XR(n) + 1)$$

$$\text{and } XL(n) \langle \{XR(m) + v\} \quad (3)$$

where
 $v=0(1)$ for $4(8)$ -neighborhood

이 성립한다. 그리고 런들사이의 연결관계를 위해 아래와 같이 서로 독립적인 성질을 갖는 5개의 특수런인 D, F, R, S, X-run을 정의한다.

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

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

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

S-run : n보다 작은 임의의 p에 대하여 $ADJ(R(n+1), R(n))=0$, $ADJ(R(n), R(p))=1$, $ADJ(R(n+1), R(p))=1$ 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 없을 때 을 R(n)을 "D-run"이라 하고, 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. 그리고 두 개의 특수런 성질을 동시에 갖는 런이 있는데 D/F-run은 D 및 F, D/R-run은 D 및 R, S/R-run은 S 및 R, S/F-run은 S 및 F-run의 성질을 동시에 갖는 런이다.

특수런의 종류를 결정하기 위해서는 현재 주사선과 바로 전의 주사선 그리고 바로 다음 주사선에 위치한 런들의 연결상태를 알아야 하기 때문에 3x2 창틀을 사용하여 각 런의 시점과 종점의 (x,y)좌표값 및 특수런 종류를 결정한다. 라스터 주사하면서 각 런의 시점과 종점에 대하여 발생순서에 따라 그 점의 x좌표와 특수런을 "좌표 및 코드 테이블"에 각각 저장하며 y좌표를 위해 주사선이 끝날 때 마다 특수부호인 "L"코드를 코드 테이블에 저장한다. 그림 1에

특수런 및 런길이 부호화의 예를 표시하였다.

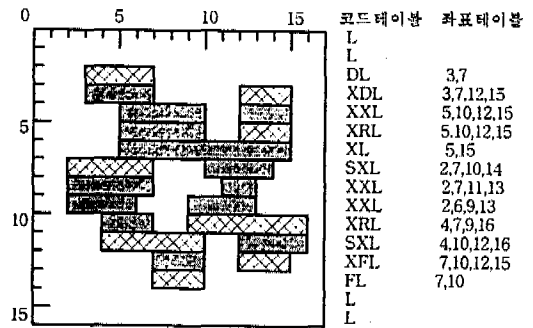


그림 1. 특수런 및 런길이 부호화의 예
 Fig. 1 Special runs and example of run_length coding.

2. 경계검출

이진영상으로부터 체인코드를 구하는 일반적인 방법은 라스터 주사하면서 흑(백)에서 백(흑)으로 변천이 발생하면 그 화소를 새로운 물체 경계(내부 혹은 외부경계)의 시점(x,y)이라고 생각하여 라스터 주사를 중지하고 시점의 좌표를 저장한 후에 경계를 추적하면서 체인코드를 구한다. 그리고 한 경계의 시점과 종점이 일치될 때까지 경계를 추적하면서 체인 코드를 모두 구한 뒤 또 다른 물체의 경계를 추적하면서 체인코드를 구하기 위해서는 라스터 주사를 (x+1, y) 화소부터 재개한다.

본 논문에서는 경계를 추적하기 위해 이진영상이 저장된 메모리를 직접 주사하지 않고 런길이 부호화에서 구한 COD테이블과 ABS테이블을 검색하면서 서로 연결된 두 런의 좌표를 찾아서 체인코드를 구하는 방법^[12]을 개선하여 사용하였다. 이 방법은 다음과 같이 크게 4부분으로 나누어 진다. ①경계 시점의 INIT_RUN과 INIT_PT를 검출한다. ②경계를 추적하기 위하여 현재런 CURR_RUN과 연결된 NEXT_RUN를 검출한다. ③CURR_RUN과 NEXT_RUN으로부터 CURR_PT 및 NEXT_PT를 검출한다. ④CURR_PT와 NEXT_PT를 연결하는 체인코드를 구한다.

여기서 INIT_RUN은 라스터 주사하면서 임의의 영역 경계에 속하는 첫 번째 런으로 외부경계인 경우는 항상 D_run이 되고 내부경계인 경우는 항상 S_run이 된다. INIT_PT는 INIT_RUN의 시점 혹은 종점이다. 임의의 경계를 추적한다고 가정하였을 때 현재 추적하고 있는 경계점을 CURR_PT라고 하고, CURR_PT를 포함하는 런을 CURR_RUN이라고 한다. 그리고 경계화소 중에서 CURR_PT다음에 추적할 경

계점을 NEXT_PT라고 하고 NEXT_PT를 포함하는 런을 NEXT_RUN이라고 한다. 또한 CURR_RUN과 NEXT_RUN은 서로 연결된 런이 되어야 한다. 경계를 추적하는 모드는 CURR_PT가 CURR_RUN의 시점이면 순방향 경계추적모드이고 반대로 종점이면 역방향 경계추적모드가 된다. 순방향 경계추적모드에서 CURR_PT의 수직좌표(y 좌표)는 NEXT_PT의 수직좌표보다 항상 같거나 작다. 그리고 역방향 경계추적모드에서는 CURR_PT의 수직좌표는 NEXT_PT의 수직좌표보다 크거나 같다. 그림 2에 4이웃관계에 대하여 순방향 및 역방향 경계추적모드와 이진영상의 경계추적 결과를 나타내었다. 그리고 경계는 내부경계(얇은색)와 외부경계(진한색)를 모두 표시하였다.

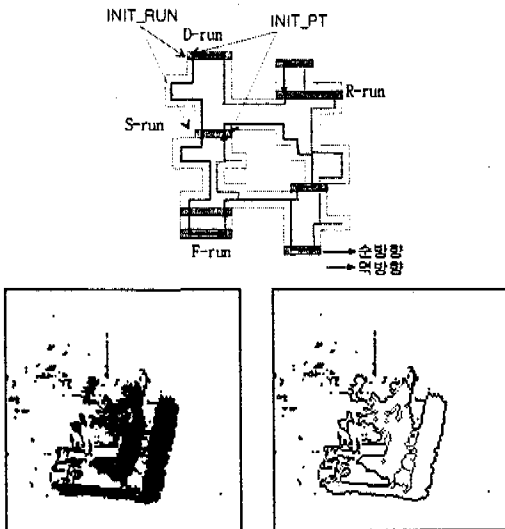


그림 2. 경계추적모드 및 경계추적 결과 (a) 순방향 및 역방향 추적모드 (b) 이진영상 (c) 경계추적 결과
 Fig. 2 Boundary tracking mode and result. (a) forward and backward tracking mode (b) binary image (c) result of boundary tracking

III. 중요점 검출 방법

본 논문에서 제안된 중요점 검출 방법은 런길이 부호화에서 구한 특수런을 이용하여 이진영상의 경계를 체인 부호화하는 과정에서 중요점을 검출하는 방법이다. 즉 원 이진영상과 이를 90°회전한 영상에 대하여 특수런을 구하여 1차 중요점(primary dominant point)을 검출하고 1차 중요점 사이의 경계에 대하여 곡률변화를 계산하여 2차 중요점(secondary dominant point)을 구하는 것으로 그림 3에 전체 흐름도를 표시하였다.

1. 1차 중요점 검출

런길이 부호화 과정에서 구한 특수런은 영역 경계 부분의 기하학적인 중요한 정보를 포함하고 있으며 이 특수런을 이용하여 경계의 중요점을 검출한다. 이를 위해 본 논문에서는 앞에서 정의된 특수런 R 및 S런에 대하여 다음과 같은 R* 및 S*-run을 정의한다.

R^* -run : n보다 큰 임의의 p에 대하여 $ADJ(R(n-1), R(n))=0, ADJ(R(n), R(p))=1, ADJ(R(n-1), R(p))=1$ 인 조건을 만족하는 런 R(p)가 존재할 때 R(p)런 중 $(XR(n-1)) \leq X(p) \leq XL(n)$ 을 만족하는 최소

S^* -run : n보다 작은 임의의 p에 대하여 $ADJ(R(n+1), R(n))=0, ADJ(R(n), R(p))=1, ADJ(R(n+1), R(p))=1$ 인 조건을 만족하는 런 R(p)가 존재할 때 R(p)런 중 $(XR(n)) \leq X(p) \leq XL(n+1)$ 을 만족하는 최소

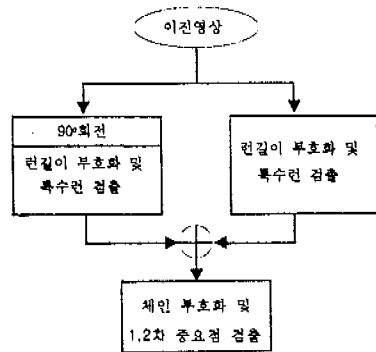


그림 3. 제안방법의 흐름도
 Fig. 3 Flowchart of proposed method.

즉 R*런은 현재 런이 R런일 때 바로 다음 주사선에서 R런과 연결된 런 R(p)의 일부분이며, S*런은 현재 런이 S런일 때 바로 위의 주사선에서 S런과 연결된 런 R(p)의 일부분이다. D, F, R*, S*런의 가장 왼쪽 좌표 (XL(n), Y(n))과 가장 오른쪽 좌표 (XR(n), Y(n))이 중요점이 될 수 있는데 본 논문에서는 이를 1차 중요점이라 하며 (XL(n), Y(n))와 (XR(n), Y(n))중에서 하나를 선택하여 사용할 수 있는데 어느것을 사용해도 제안 방법의 일관성은 유지된다. 본 논문에서는 (XL(n), Y(n))를 사용하였다. 그림 4에 D, F, R*, S*런과 1차 중요점 후보를 표시하였다. 그림 4(a)는 D, F, R*, S*런을 표시하였으며 그림 4(b)는 특수런과 1차 중요점(왼쪽 및 오른쪽) 후보를 모두 표시하였다. 그림 4(c)는 원 이진영상과 90°회전

한 영상에 대하여 D, F, R*, S* 런을 표시한 것이다.



그림 4. D, F, R*, S*런과 1차 중요점 후보
 (a) D, F, R*, S*런
 (b) 1차 중요점 후보
 (c) 원영상 및 90도회전 영상의 특수런
 Fig. 4. D, F, R*, S*_run and candidate of primary dominant points.
 (a) D, F, R*, S*_run
 (b) candidate of primary dominant points
 (c) D, F, R*, S*_run of original and 90o rotated image

2. 2차 중요점 검출

2차 중요점은 앞에서 구한 1차 중요점 사이에 존재하는 중요점으로 경계의 곡률변화를 이용하여 검출한다. 본 논문에서는 런길이 부호로부터 체인코드를 검출하면서 경계의 곡률변화를 계산하여 주어진 문턱값보다 큰 경계점을 2차 중요점으로 검출하였다. 2차원 디지털 영상에서 영역의 경계 C는

$$C = \{p_i = (x_i, y_i), i = 1, \dots, n\} \quad (4)$$

로 표현된다. 여기서 n은 경계점의 갯수이고, p_i 는 경계상의 한 점이며 p_{i+1} 와 p_i 는 서로 이웃하는 경계점이다. 그리고 경계점 p_i 의 곡률값 c_{ik} 는

$$c_{ik} = \frac{\overrightarrow{a_{ik}} \cdot \overrightarrow{b_{ik}}}{|\overrightarrow{a_{ik}}| |\overrightarrow{b_{ik}}|} \quad (5)$$

where $\overrightarrow{a_{ik}} = (x_i - x_{i+k}, y_i - y_{i+k})$
 $\overrightarrow{b_{ik}} = (x_i - x_{i-k}, y_i - y_{i-k})$

로 구할 수 있다. 여기서 $\overrightarrow{a_{ik}}$, $\overrightarrow{b_{ik}}$ 는 경계점 p_i 로부터 전후로 k만큼 떨어진 경계점 p_{i+k} 및 p_{i-k} 와 이루는 벡터이다. c_{ik} 는 경계점 p_{i-k} , p_i , p_{i+k} 이 이루는 여현값(cosine)이며 이를 경계점 p_i 의 곡률척도로 사용할 수 있다.

그리고 곡률척도를 구하는 다른 방법으로 경계점 p_{i+k} 및 p_{i-k} 를 연결하는 직선을 $ax + by + c = 0$ 라고 할 때 경계점 p_i 에서 직선과 수직인 거리 a를 사용할 수 있다. 거리 a는

$$d = \frac{|ax_i + by_i + c|}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (6)$$

where $a = y_{i+k} - y_{i-k}$, $b = x_{i-k} - x_{i+k}$,
 $c = y_{i-k}(x_{i+k} - x_{i-k}) - x_{i-k}(y_{i+k} - y_{i-k})$

로 표현되며 (x_{i-k}, y_{i-k}) 및 (x_{i+k}, y_{i+k}) 는 각각 p_{i-k} 및 p_{i+k} 점의 좌표값이다. 그러므로 2차 중요점은 그림 5와 같이 1차 중요점 사이의 경계점을 추적하면서 곡률값 c_{ik} 혹은 거리 a를 계산하여 주어진 문턱값 보다 큰 경계점을 2차 중요점으로 검출할 수 있다. 본 논문에서는 1차 중요점 사이의 경계점에 대하여 식(5) 혹은 식(6)을 만족하는 경계점을 2차 중요점으로 검출하였다.

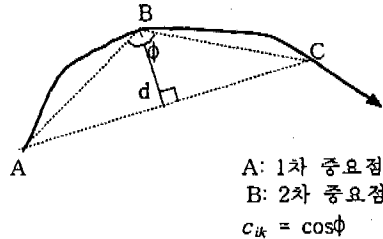


그림 5. 2차 중요점 검출
 Fig. 5. Detection of secondary dominant point.

IV. 실험결과 및 검토

표 1. 검출된 런 정보
 Table 1. Run information.

영상	정보	한자 영상	한글 영상	숫자 영상
전체 런수		716	596	578
D런 수		67	37	30
F런 수		60	41	31
R런 수		66	13	20
S런 수		59	17	21
D/F런 수		1	0	0
S/R런 수		4	0	0
D/R런 수		14	1	2
S/F런 수		5	3	3
외부 경계의 수		8	16	9
내부 경계의 수		8	4	4

제안된 방법의 성능을 평가하기 위해 한자, 한글, 숫자영상에 대하여 크기가 128x128인 이진영상으로 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 중요점 검출은 각각의 이진영상으로부터 원 영상과 90° 회전한 영상에 대하여 각각 런길이 부호를 구하고 그 결과로부터 체인코드와 중요점을 동시에 검출하였다. 표 1은 한자, 한글, 숫자영상으로부터 추출한 런에 관한 정보이며 표 2는 1차 중요점, 검출된 최종 중요점 수 및

오차의 합이다. 여기서 오차의 합(E)은 아래 식(7)과 같이 최종 검출된 중요점을 서로 연결한 직선과 원 경계점에서 이 직선에 수직인 거리를 제곱승한 e_i^2 의 합이다.

$$E = \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (7)$$

여기서 n 은 경계점의 수이다. 그리고 검출된 중요점에서 서로 인접한 의사(pseudo) 중요점은 제거할 필요가 있는데 이를 위한 거리 문턱값은 모두 3으로 하였다.

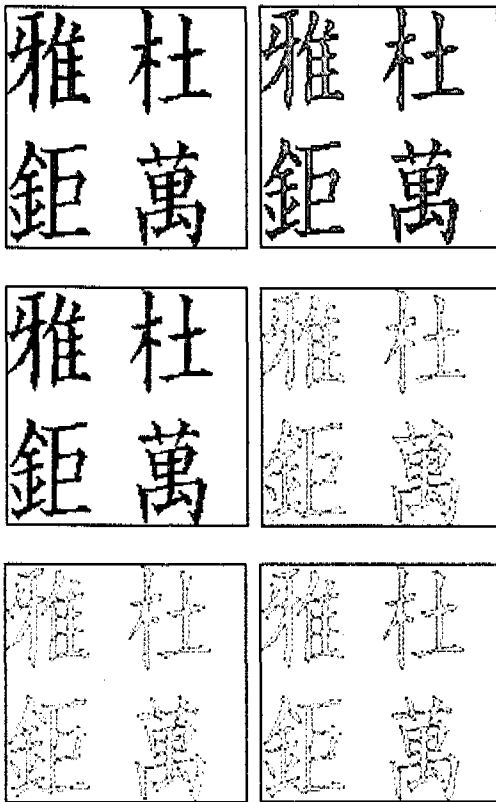


그림 6. 한자 영상 (a) D,F,R*,S*런 (b) 내부 및 외부경계 (c) 1차 중요점 (d) 기존방법 (e) 제안방법(식(5) 이용) (f) 제안방법(식(6) 이용)
 Fig. 6 Hanja image. (a) D,F,R*,S*_run (b) internal and external boundary (c) primary dominant points (d) results of Teh's method (e) results of proposed method(by eq.(5)) (f) results of proposed method(by eq.(6))

그림 6은 한자영상에 대한 실험결과이다. 그림 6(a)는 이진영상과 원 영상과 90° 회전한 영상에서 검출된 특수런 D, F, R*, S*런을 함께 표시한 것이고

그림 6(b)는 체인코드를 원 영상에 표시한 것으로 외부경계(진한색)와 내부경계(엷은색)를 구분하여 표시하였다. 그림 6(c)는 검출된 1차 중요점이며 그림 6(d)는 기존방법⁷⁾의 결과이다. 그리고 그림 6(e) 및 그림 6(f)는 제안방법의 결과인데 그림 6(e)는 2차 중요점을 검출하기 위한 곡률값을 식(5)를 사용한 것이고 그림 6(f)는 식(6)을 사용하여 구한 것이다.

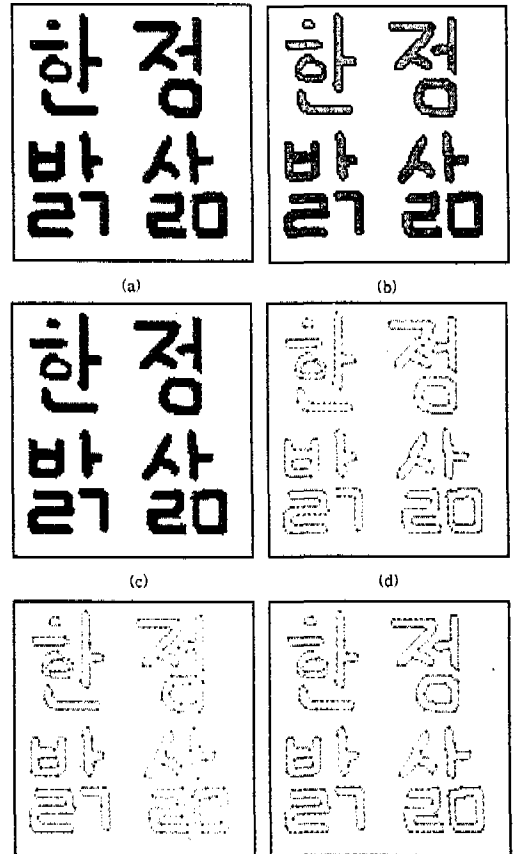


그림 7. 한글 영상 (a) D,F,R*,S*런 (b) 내부 및 외부경계 (c) 1차 중요점 (d) 기존방법 (e) 제안방법(식(5) 이용) (f) 제안방법(식(6) 이용)
 Fig. 7 Hangeul image. (a) D,F,R*,S*_run (b) internal and external boundary (c) primary dominant points (d) results of Teh's method (e) results of proposed method(by eq.(5)) (f) results of proposed method(by eq.(6))

그림 7은 한글영상에 대한 실험결과이고 그림 8은 숫자영상에 대한 실험결과이며 각각의 영상내용은 그림 6과 같다. 영역 경계는 8-이웃관계로 추적하였으며 중요점의 수가 많을 경우 원 경계와의 오차는 감소하지만 의사중요점이 상대적으로 많이 검출됨을 알 수 있다.

V. 결론

표 2. 검출된 중요점 및 오차
Table 2. Detected dominant points and error.

정보 영상	한자 영상			한글 영상			숫자 영상		
	기존 방법	제안방법		기존 방법	제안방법		기존 방법	제안방법	
		식(5)	식(6)		식(5)	식(6)		식(5)	식(6)
중요점 수	213	172	180	131	108	121	141	111	126
1차 중요점 수	-	236	236	-	111	111	-	105	105
오차의 합(E)	67.5	84.5	70.9	48.3	64.8	54.6	57.2	76.6	63.7

또한 제안방법은 런길이 부호로부터 먼저 특수런을 구하고 이를 이용하여 이진영상의 영역 경계를 한번만 추적하면서 체인코드와 중요점을 동시에 검출하며 또한 이진영상내에 다수의 영역이 존재하여도 각 영역을 쉽게 구별할 수 있는 방법이다.

본 논문에서는 런길이 부호화를 이용하여 경제상의 중요점과 체인코드를 효과적으로 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 방법은 이진영상을 표현하기 위해 먼저 런길이 부호화를 수행하며 영역의 성질을 효과적으로 표현하기 위해 특수런을 정의하였으며 이로부터 1차 중요점을 검출한다. 그리고 1차 중요점 사이의 2차 중요점은 영역의 경계를 추적하면서 곡률값을 계산하여 검출한다. 특수런은 이진영상을 라스터 주사하면서 바로 구할 수 있으므로 하드웨어 구현이 용이하다. 또한 런길이 부호로부터 체인코드를 구하면서 동시에 중요점을 검출할 수 있으며 아울러 이진영상내에 여러개의 서로 독립적으로 연결된 영역이 많이 존재할 경우 이들 영역을 쉽게 구별할 수도 있다. 앞으로 중요점 검출을 위한 곡률척도를 다양하게 변화시키면서 중요점을 검출하는 방법과 검출된 중요점을 지문인식 및 문자인식등에 적용하는 방안을 연구할 필요가 있다.

참고 문헌

- [1] R.M.Haralick and L.G.Shapiro, "Computer and robot vision", Addison-Wesley, 1992
- [2] K.S.Fu and J.K.Mui, "A survey on image segmentation", Pattern Recognition 13, pp.3-16, 1981
- [3] P.Cornic, "Another look at the dominant point detection of digital curves", Pattern Recognition Letters 18, pp.13-25, 1997
- [4] D.Tsai, "Boundary-based corner detection using neural networks", Pattern Recognition Vol.30, No.1, pp.85-97, 1997
- [5] X.Zhang and D.Zhao, "A parallel algorithm for detecting dominant points on multiple digital curves", Pattern Recognition, Vol.30, No.2, pp.239-244, 1997
- [6] B.Ray and K.Ray, "An algorithm for detection of dominant points and polygonal approximation of digitized curves", Pattern Recognition Letters 13, pp.849-856, 1992
- [7] C.Teh and R.Chin, "On the detection of dominant points on digital curves", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. Vol.11, No.8, pp.859-872, 1989
- [8] H.Freeman and L.Davis, "A corner finding

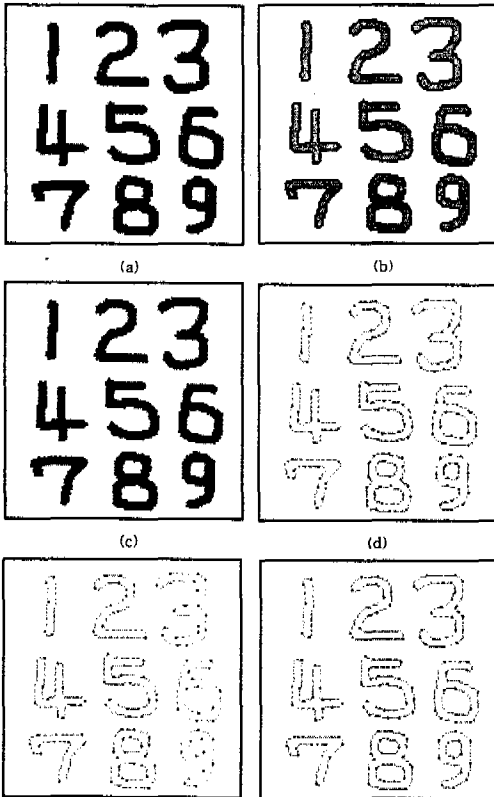


그림 8. 숫자 영상 (a) D,F,R*,S*런 (b) 내부 및 외부경계 (c) 1차 중요점 (d) 기존방법 (e) 제안방법(식(5) 이용) (f) 제안방법(식(6) 이용)
Fig. 8 Number image. (a) D,F,R*,S*_run (b) internal and external boundary (c) primary dominant points (d) results of Teh's method (e) results of proposed method(by eq.(5)) (f) results of proposed method(by eq.(6))

algorithm for chain coded curves”, IEEE Trans. Comput. Vol.26, pp.297-303, 1977

[9] U.Seeger and R.Seeger, “Fast corner detection in gray-level image”, Pattern Recognition Letters 15, pp.669-675, 1994

[10] N,Ansari and E.Delp, “On detection of dominant points”, Pattern Recognition 24(5), pp.441-451, 1991

[11] P.C.Yen and P.W.M.Tsang, “Localization of dominant points for object recognition : A scale space approach”, Signal Processing 44, pp.341-352, 1995

[12] 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

[13] H.Freeman, “On the encoding of arbitray geometric configuration”, IRE Trans on Electronic Computers. EC-10, No.6, pp.260-268, 1961

[14] A.Held, K.Abe, and C.Arcelli, “On the decomposition of binary shapes into meaningful parts”, Pattern Recognition, Vol.27, No.5, pp.637-647, 1994



최 미 순(Mi-Soon Choi) 정회원
1991년 : 안동대학교 전산통계학
과 학사
1998년 : 안동대학교 컴퓨터공학
과 석사



이 정 환(Jeong-Hwan Lee) 정회원
1984년 : 경북대학교 전자공학과
학사
1986년 : 한국과학기술원 전기 및
전자공학과 석사
1993년 : 한국과학기술원 전기 및
전자공학과 박사

1990년 : 안동대학교 전자공학과 부교수