

방향각과 면적편차를 이용한 윤곽선의 코너점 추출

정 광 응[†] · 이 상 학^{††} · 김 진 홍[†] · 김 두 영^{††}

요 약

본 논문에서는 영상의 코너점을 추출하기 위한 방법을 제안한다. 먼저 윤곽선을 따라 경계화소의 방향각을 lookup table의 참조에 의해 구하고, 기준치 이상의 화소를 후보점으로 선정한 뒤, 면적편차를 이용하여 코너점을 추출한다. 본 방법은 실시간 처리를 위해 처리시간을 줄이는 동시에 디지털 영상을 표현하는데 있어 라운드 오프 오차에 의해 발생하는 한 화소차를 극복하는 장점을 가진다. 제안된 방법의 검증에 위해 각종 실험 패턴을 이용하여 기존의 방법과 비교분석을 하였다.

Corner Point Detection on Digital Contours using Directional Angle and Area Deviation

Kwang-Woong Jeong[†] · Sang-Hak Lee^{††} · Jin-Hong Kim[†] · Doo-Yong Kim^{††}

ABSTRACT

In this paper, we proposed new method for corner point detection on digital contours using directional angle and area deviation. First of all, directional angle was detected according to contours by lookup table, then corner point was detected using area deviation after the pixels over standard value had selected as a candidate point. This method has the advantage the reduction of processing time for real time processing and the reduction of round-off error on digital image representation. For verification of the proposed method simulation results which applied on various test pattern were compared with existing methods.

1. 서 론

영상의 특징을 충실히 나타내는 파라미터를 특징 파라미터라 하고 추출된 다수의 특징 파라미터를 벡터로 표현한 것을 특징 벡터라 한다. 특정 파라미터는 영상에서 화소로 표시되고 이는 특징점을 의미한다. 이러한 특징점은 입력된 영상을 이해함에 있어서 형태를 분석하는 중요한 요소이며 디지털 영상의 중요한 정보가 집중되어 있는 점이고 영상의 형태소 분

석이나 영상의 묘사와 패턴인식등 광범위한 분야에 사용되는 요소이기도 하다. 또한 인간의 시각을 연구하는 분야에서 특징점은 입력된 스테레오영상의 패턴을 분류함에 있어서 그 처리의 기초가 되기도 하고 특징점을 이용한 영상분석으로 데이터의 처리량을 줄여주기도 한다. 이러한 특징점은 영상의 경계부분에 존재하며, 영상으로부터 특징벡터의 추출은 영상 경계의 윤곽선에서 각도량 즉 굴곡의 변화량이 큰 코너점을 특징점으로 선정한다.

특징점 검출 방법으로는 영역 경계를 추적하며 특징점을 찾는 방법과 화소(pixel)의 농담값(grey level)를 이용하여 특징점을 찾는 두가지 방법으로 구분한다.

[†] 정 회 원: 부산전문대학 정보통신계열 조교수

^{††} 정 회 원: 동아대학교 전자공학과

논문접수: 1997년 12월 9일, 심사완료: 1997년 1월 12일

먼저 영역경계를 사용하는 방법으로는 Rosenfield와 Johnston[1], Rosenfield와 Weszka[2], Kruse[3], Beaudat는 영역 경계의 변화량을 추출하는 방법을 사용하였고, Freeman과 Davis[4], Beus와 Tiu[5], Rutkowski와 Rosenfield[6]는 chain code를, Cheng과 Hsu[7]는 확장된 3×3 mask의 집합과 각도를 사용하였으며, Bell[8]은 물체의 경계를 추적하면서 window를 움직여 특징점을 추출하였다. 또한 정광웅[9]등은 방향각을 사용한 자연영상에서의 특징점을 선정하는 방법을 제안하였다. 화소의 농담값을 사용하는 방법으로는 Beaudat [10]등이 DET 연산자를 이용하였고, Wu와 Rosenfield[11]는 특징점의 방향을 위한 필터를 제안하였으며 Zuniga와 Haralick[12]은 유사 경계를 추적함으로써 특징점을 추출하는 방법을 제안하였고 Zhou와 Shao[13]는 면적편차에 의한 특징점을 추출하는 방법을 제안하였다.

디지털 영상을 표현하는데 있어 실수좌표계를 정수좌표계로 변환함에 따라 발생하는 한 화소차로 인한 경계변화를 극복하고, 굴곡량이 큰 부분에서의 코너점을 추출하기 위하여 본 논문에서는 영역경계를 추적하면서 경계각과 면적편차를 이용한 코너점을 특징점으로 추출하는 방법을 제안한다. 먼저 전처리 과정을 거쳐 입력영상의 경계화소를 추출하고, 경계화소를 추적하면서 전체 경계화소에 대하여 방향각에 의한 후보점을 추출하고, 생성된 후보점에 대하여 면적편차를 이용하여 코너점을 추출하는 방법을 제안한다. 본 방법은 방향각에 의한 코너점 추출 방법에서의 중복되는 코너점을 제거하였고, 면적편차에 의한 코너점 추출 방법에 비하여 처리속도가 개선된다는 장점을 지닌다. 서론에 이은 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 윤곽선의 추출방법을 설명하고, 3장에서는 방향각에 의한 코너점 추출방법을, 4장에서는 면적 편차에 의한 코너점 추출방법을 소개한다. 5장에서는 개선된 코너점 추출 방법을 제안하며 6장에서는 실험과 고찰에 의하여 제안된 방법을 검증하며 7장에서는 결론을 기술한다.

2. 윤곽선의 추출

수작업으로 작성된 도면이 카메라나 스캐너(scanner)로부터 입력되는 과정에서 원래 도면 용지의 어긋남,

용지 위의 입력센서 위치에 따라 생기는 농담값의 차, 스캐너의 특성에 따라 발생하는 해상도의 차 등과 같은 원하지 않은 현상들이 발생할 수 있다. 일반적인 그레이 레벨의 영상은 대부분 잡음(noise)에 의해 손상되어 있고, 단순하게 보이는 영역에도 많은 세부적인 정보가 있어 광도의 불연속을 생성한다. 따라서 이러한 단점을 피하기 위해 영상정보의 특징 추출을 용이하게 하는 전처리 과정이 필요하다.

2.1 영상의 평활화

코너점을 검출하기 위해서는 평균화(averaging)방법을 이용한 평활화(smoothing)와 같은 저역 통과 필터(low-pass filter)를 이용한 노이즈(noise) 제거가 필요하다. 이러한 목적으로 여러가지 필터들이 제안되었으며 그중에서 매디안 필터링(Median filtering)은 Turkey에 의해 개발된 비선형 신호처리로서 영상에서 잡음제거에 유용하게 사용되고 있다.[14]

2.2 이치화

일반적으로 문자나 물체 인식을 할 때 대상이 되는 영상은 대개의 경우 2가지 영역으로 구성되어 있다. 즉, 물체 혹은 문자에 해당하는 영역과 그 배경에 해당하는 영역이다. 이러한 문자나 물체를 분리해내기 위해서 간단한 threshold 방법을 사용할 수 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 다른 방법으로는 region growing 방법과 boundary detection 방법을 사용하기도 한다. 입력된 수작업 도면의 영상은 그레이 레벨로 구성되므로 이것을 그대로 사용하면 배경과 기본 요소간에 구별하기 어려운 부분이 발생할 수 있다. 따라서 배경과 기본 요소간의 농담치에 대한 히스토그램(histogram)을 이용하여 threshold값을 선택한다. 영상으로부터 기본적인 요소를 제대로 찾아내기 위해서는 threshold값을 잘 결정해야 한다. 본 논문에서는 threshold값을 구하게 되는 과정은 엔트로피 방법을 사용하였다[15].

2.3 세선화

앞에서 기술한 thresholding 방법에 의해 처리된 결과는 이진화된 데이터로서 특징 추출을 위한 정보로 이용하기에는 선분의 두께가 여러 화소로 구성되어 코너점을 선정하기에는 부적합하다. 따라서 앞의 처

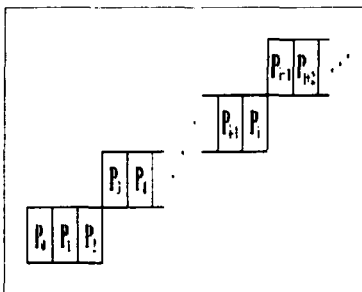
리과정에서 코너점을 추출하기 위해서는 세선화 과정이 요구된다. 세선화 과정은 패턴의 모양과 연결성을 유지할 수 있도록 경계점을 줄여 가면서 반복적으로 처리하여 골격을 추출함으로써 영상의 형태 분석을 쉽게 할 수 있도록 한다. 따라서 본 논문에서는 세선화 과정에서 두꺼운 부분을 처리하였고 선분 연결성의 유무는 이전 화소와 현재 화소간의 관계를 고려하여 현재 화소에 인접하는 화소를 추출해내는 수정된 Zhang[16]방법을 사용하였다.

3. 방향각에 의한 코너점 추출방법

디지털 영상의 특성은 자연계의 실수값 좌표계가 정수의 좌표로 표현된다는 점이다. 따라서 인접 화소의 좌표는 (그림 1)에 의하여 표현되고 화소간의 거리는 정수 i 이다. 영상에서 방향각에 의한 코너점 추출 방법은 경계화소들의 곡률에 기초를 두었다. 곡률은 경계화소에서 좌측화소와 우측화소사이의 각을 나타내며 다음과 같이 정의된다.

(x_{i-1}, y_{i-1})	(x_i, y_{i-1})	(x_{i+1}, y_{i-1})
(x_{i-1}, y_i)	(x_i, y_i)	(x_{i+1}, y_i)
(x_{i-1}, y_{i+1})	(x_i, y_{i+1})	(x_{i+1}, y_{i+1})

(그림 1) 디지털 영상의 좌표
(Fig. 1) Coordinate in digital image



(그림 2) 양자화 후의 선분표시
(Fig. 2) Description line after quantization

$x = f(t), y = g(t)$ 라 두면

$$\left[\frac{dy}{dx} \right]_{t=n} = \left[\frac{dg}{df} \right]_{t=n} \tag{1}$$

$$K_f(t) = \frac{\left(\frac{d^2y}{dx^2} \right)}{\left(1 + \frac{dy}{dx} \right)^{\frac{3}{2}}} = \frac{\left(\frac{df}{dt} \right) \left(\frac{d^2g}{dt^2} \right) - \left(\frac{dg}{dt} \right) \left(\frac{d^2f}{dt^2} \right)}{\left(\left(\frac{df}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dg}{dt} \right)^2 \right)^{\frac{3}{2}}} \tag{2}$$

(그림 2)에서와 같이 경계화소가 진행할 때의 화소 좌우의 벡터를 식 (3)로 둘 때 (그림 3)의 θ 는 식 (4)와 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \vec{u} &= (x_{i-n} - x_i) \hat{i} + (y_{i-n} - y_i) \hat{j}, \\ \vec{v} &= (x_{i+n} - x_i) \hat{i} + (y_{i+n} - y_i) \hat{j} \end{aligned} \tag{3}$$

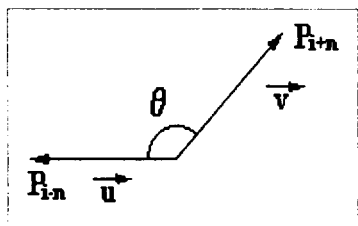
$$\begin{aligned} \cos\theta &= \frac{\vec{u} \cdot \vec{v}}{|\vec{u}| |\vec{v}|} \\ &= \frac{(x_{i-n} - x_i)(x_{i+n} - x_i) + (y_{i-n} - y_i)(y_{i+n} - y_i)}{[(x_{i-n} - x_i)^2 + (y_{i-n} - y_i)^2]^{\frac{1}{2}} \cdot [(x_{i+n} - x_i)^2 + (y_{i+n} - y_i)^2]^{\frac{1}{2}}} \end{aligned} \tag{4}$$

디지털 영상에서 각 점의 x, y 좌표는 정수값을 가지므로 식 (5)로 표현되어진다. 이는 (그림 4)에서 선분 $P(i-2)P(i)$ 와 선분 $P(i)P(i+2)$ 의 양의 x 축의 대한 방향각이다.

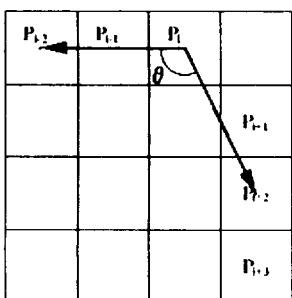
$$\theta_{in} = \tan^{-1} \frac{y_{i-n} - y_i}{x_{i-n} - x_i}, \quad \theta_{out} = \tan^{-1} \frac{y_i - y_{i+n}}{x_i - x_{i+n}} \tag{5}$$

(그림 4)에서는 디지털 영상에서의 곡률을 나타내었으며, 본 논문에서는 $P(x, y)$ 화소에서의 곡률을 x 축 양의방향에 대한 두 선분의 방향각의 차로 정의하였다. 이는 각의 계산과정 없이 두 선분의 방향각만으로 곡률을 계산할 수 있도록 하였다. 따라서 $\theta = |\theta_{out} - \theta_{in}|$ 이고 (그림 5)로 표시할 수 있다.

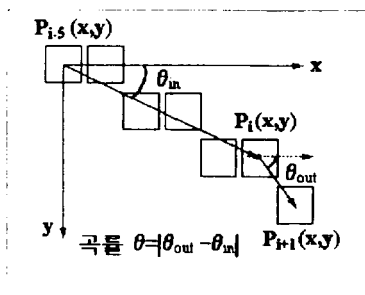
본 논문에서는 양의 x 축에 대한 $P(x, y)$ 의 방향각을 반올림 정수화하여 방향각 table로 준비해 둬으로써 계산량을 없이 방향각을 구할 수 있게 하였다. (그림 6)



(그림 3) 벡터의 내적
(Fig. 3) Dot-product between vector



(그림 4) 방향각의 계산
(Fig. 4) Count of direction angle



(그림 5) 곡률의 정의
(Fig. 5) Description of curvature

$\Delta x \backslash \Delta y$	-2	-1	0	1	2
-2	225°	244°	270°	297°	315°
-1	207°	225°	270°	315°	334°
0	180°	180°		0°	0°
1	154°	135°	90°	45°	27°
2	135°	127°	90°	67°	45°

(그림 6) 계산된 방향각
(Fig. 6) Lookup-table

은 Δx 와 Δy 의 최대거리가 -2부터 2인 경우의 방향각 table이다. (그림 7)에서는 θ_{in} 의 개수와 임계값도 값을 실험하였고, 그림에서 보여주는 것과 같이 실험에 의하여 임계값은 40도, θ_{in} 의 화소개수는 6개, θ_{out} 의 화소개수는 1개를 정하는 것이 적당하다는 결론을 얻을 수 있다. θ_{out} 의 화소를 1개로 설정한 이유는 θ_{in} 에 대한 θ_{out} 의 각 변화를 단거리의 화소로 설정함에 따라 빠른 처리와 곡률값의 민감한 변화에 대처 할 수 있도록 하였다. 이런 결과로 경계화소에 대하여 $\theta > \text{threshold}$ 인 특징벡터 $\vec{P} = [P_0, P_1, P_2, \dots, P_n]$ 가 만들어진다.

4. 면적편차에 의한 코너점 추출방법

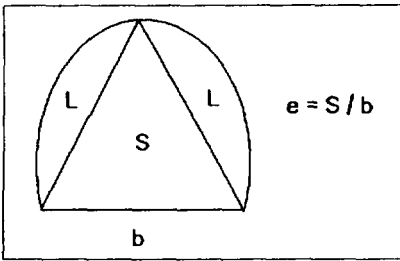
본 방법에서는 선분(curve)에 대응하는 굴곡을 측정하기 위한 기존곡선을 따라 연속된 선분사이에 면적(area)과 정해진 거리의 현(chord)을 본 방법에 이용하였고 선정되어진 코너점은 영역편차의 특징에 근거를 두었다. (그림 8)에서 현과 면적, 곡선을 정의하였다. 본 방법은 두가지 단계로 진행되며 전체 영역경계에 대하여 코너점 후보를 검출단계와 후보점에 대하여만 최종 코너점의 위치를 선정하는 단계로 구분된다.

4.1 코너 검출

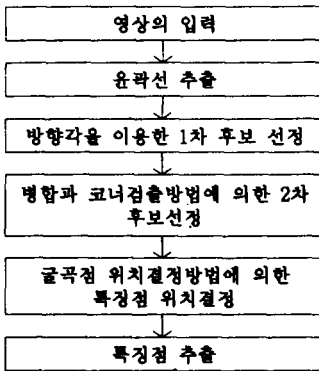
본 단계에서는 코너 후보점들을 추출한다. 정해진 길이의 현은 기존의 곡선을 한 단계씩 이동하며, 현과 관련된 선분의 사이에서 나타난 면적을 측정할 수 있게 된다. 그려진 선분에는 n개의 점이 있다고 가정하고 각각 P_0, P_1, \dots, P_{n-1} 로 나타내고 정해진 현의 길이를 L로 가정한다. 첫 번째점 P_0 에서 시작하여 현 P_0P_1 의 길이를 계산하고 만약 그 거리가 L보다 작다면 현 P_0P_1 의 길이를 계산한다.

만약 그 길이가 L보다 작다면 다음점 P_3 로 이동한다. (그림 9)는 곡선을 따라 현의 움직임을 나타내었다. 이 과정은 현 P_0P_1 의 길이가 L보다 같거나 긴 점인 P_i 에서 멈추게되고, 현 P_0P_i 와 관련된 선분의 면적을 계산한다.

점 P_k 의 좌표가 $P(x_k, y_k)$ 이라면 면적 계산식은 식(6)으로 표시되고



(그림 10) 한점에서의 방향변환 계산
(Fig. 10) Computer the direction change at a point



(그림 11) 처리의 흐름도
(Fig. 11) Flow-chart

각형의 면적 S 를 구한다.

(3) 정방향 화소로부터 역방향 화소까지의 길이 b 를 구한다.

(4) 방향 변환값 e 는 S 와 b 의 비로 결정하며 식 (7)와 같다.

따라서 local maximum 선분내의 코너점은 이때의 e 가 최대가 되는 화소로 결정된다.

5. 개선된 코너점 추출방법

개선된 코너점 추출 방법은 방향각에 의한 코너점의 선정방법에서 나타나는 계산량의 급증을 줄이고자 한다. 또한 디지털 영상에서의 단점인 실수좌표계를 정수좌표계로의 변환에서 생기는 라운드 오프오차로 기인한 디지털 영상의 한 화소차를 극복하여 코너점 선정의 애로를 면적 편차에 의한 코너점 선정방

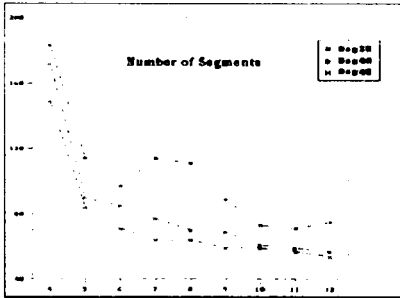
법으로 해결할 수 있다. 방향각에 의한 코너점 추출방법과 면적 편차에 의한 코너점 추출방법에 대한 계산량과 코너점 개수를 비교하면 다음과 같다.

따라서 본 논문에서는 두 방법의 장점을 사용하여 개선된 코너점 추출방법을 제안한다. 먼저 전체 영상을 탐색하면서 방향각에 의한 코너점 선정 방법을 시행하고 추출되어진 코너점을 1차후보로 선정한다. 이때 코너부분에 있어서 후보점이 밀집해서 나타남으로 거리 L 내에서의 후보점의 병합을 시행하고 후보화소는 밀집한 후보의 중간 화소를 선정한다. 이는 코너점의 위치결정에서 좌우 거리 L 만큼의 화소들에 대하여 e 를 계산하기 때문이다. 또한 디지털 영상에서의 정수 좌표계로의 변환으로 발생하는 후보점을 제거하기 위하여 1차후보에 대하여 코너 검출 방법을 시행한다. 이 때 코너 검출 방법에 의한 조건이 만족치 않을 때는 1차후보점을 삭제하고, 조건을 만족할 때는 2차후보로 선정하며, 마지막으로 코너점의 위치결정 방법을 시행하면 완성된 코너점이 선정되어진다. 진행의 단계를 도식화 하면 (그림 11)과 같다

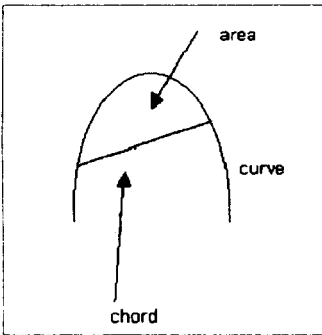
6. 실험 및 고찰

본 논문의 유효성을 입증하기 위하여 586PC(150MHZ MMX)를 사용하였고, C언어를 사용하여 실험하였다. 또한 본 방법의 유효성을 검증하기 위하여 네가지의 테스트 영상을 마련하여 실험하였다. (그림 12)에서 그림(a)는 원과 90도의 각을 가지는 제작영상이고, (b)는 잘 알려진 비행기(Airplane) 영상이며, (c)는 한자 폰트(Font)의 경계를 취한 영상으로서 특히 코너점이 많은 '籍'자를 선택하였고, (d)는 지도에서 등고선(Contour) 만을 선택하여 경계화소를 추출하였다. (그림 13)에서는 경계각에 의한 코너점 추출방법을 각 테스트 영상에 적용하여 실험한 결과이며 (그림 14)은 면적편차에 의한 코너점 추출방법을 각 테스트 영상에 적용하여 실험한 결과이다. 또한 (그림 15)는 제안한 방법을 사용하여 실험한 결과를 보였다.

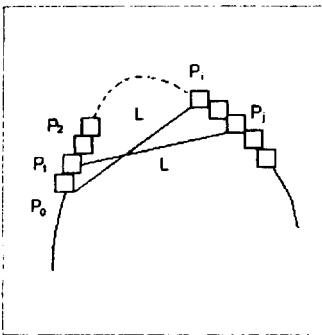
제안한 방법의 코너추출 영상을 방향각에 의한 방법을 사용한 코너 추출 영상과 면적편차에 의한 방법을 사용한 코너 추출 영상과 함께 비교 분석하면 다음과 같다. 방향각에 의하여 추출된 후보점에서 일정 거리내의 후보점을 병합하여 하나의 화소로 표현함



(그림 7) 세그먼트와 각에 대한 실험 데이터
(Fig. 7) Experimental data a segment number and angle



(그림 8) 현, 면적, 곡선
(Fig. 8) Chord, Area, Curve



(그림 9) 곡선을 따라 현의 움직임
(Fig. 9) Movement of the chord along the curve

$$S_{0i} = \begin{vmatrix} x_0 & x_1 & x_2 & \dots & x_i & x_0 \\ y_0 & y_1 & y_2 & \dots & y_i & y_0 \end{vmatrix} \quad (6)$$

다시 식 (7)로 표현된다.

$$S_{0i} = \sum_{p=0}^i (x_p y_{p+1} - x_{p+1} y_p) + (x_i y_0 - x_0 y_i) \quad (7)$$

그 다음으로 시작점을 이전 시작점의 다음 화소로 옮기고 위의 절차를 반복하여 면적을 계산하며 모든 화소에서 그 화소의 L 거리만큼 떨어진 화소까지의 면적을 계산한다.

다음 단계는 아래 절차를 따른다.

- (1) 면적이 일정 threshold v 보다 큰 현을 구하며 나머지 현들은 제외한다.
- (2) 위 조건을 만족하는 곡선 선분중에서 그 면적값이 가장 큰 선분을 local maximum 선분으로 구한다.
- (3) (2)에서 구해진 local maximum 선분의 좌우에 연결된 선분의 면적값을 합한것 보다 선정되어진 local maximum의 면적값이 크다면 그 선분을 가진 현의 내부에 코너점을 내포하고 있다고 판정한다. 따라서 다음 단계인 코너점의 위치 결정단계를 수행한다.

4.2 코너점의 위치결정

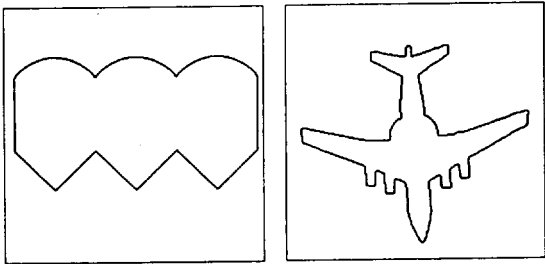
각각 표시된 선분의 코너점에 대한 정확한 위치는 본 단계에서 결정된다. 먼저 local maximum 선분속의 각 화소를 중심으로 좌우 L 거리만큼 떨어진 화소점을 구하고 이때 중심 화소와 좌우 화소들의 삼각형을 구하면 삼각형 면적 S를 구할 수 있다. 따라서 S와 좌우 화소의 길이 b와의 비율 e라고 둘 때

$$e = \frac{S}{b} \quad (8)$$

이 되며, local maximum 선분속에서의 화소중 e가 가장 큰 화소로 각각 표시된 선분의 코너점에 대한 정확한 위치는 본 단계에서 결정된다. (그림 10)에서 e를 나타내었다. 과정을 단계별로 구분하여 기술하면 다음과 같다.

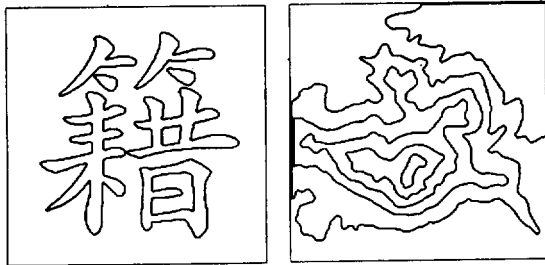
(1) 각각의 화소에 대하여 두개의 현이 사용될 때 하나는 정방향, 다른 하나는 역방향의 현을 갖는다. 두 현의 길이는 똑같이 거리 L로 선택할 수 있다.

(2) 구하여진 두 화소와 지정된 화소로 이루어진 삼



(a) 가상패턴 영상

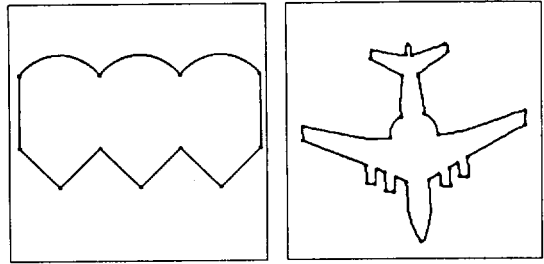
(b) 비행기 영상



(c) 폰트 영상

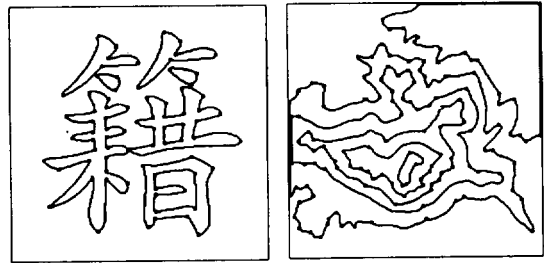
(d) 등고선 영상

(그림 12) 테스트 영상
(Fig. 12) Test image



(a) 가상패턴 영상

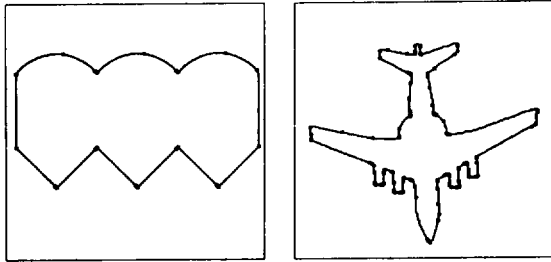
(b) 비행기 영상



(c) 폰트 영상

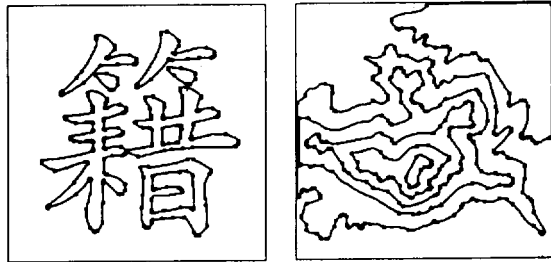
(d) 등고선 영상

(그림 14) 면적 편차에 의하여 추출된 코너점
(Fig. 14) Corner points by area deviation method



(a) 가상패턴 영상

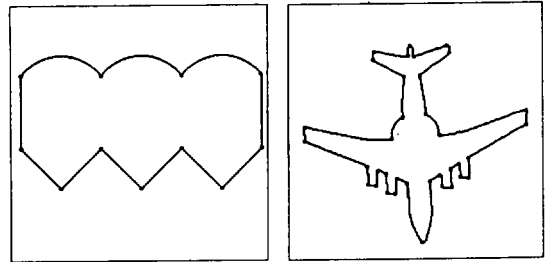
(b) 비행기 영상



(c) 폰트 영상

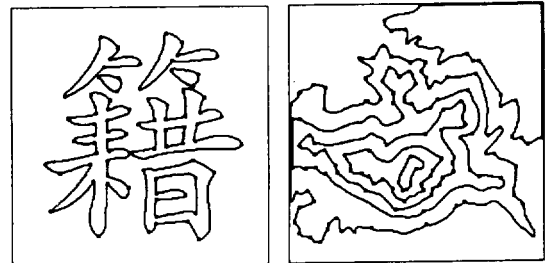
(d) 등고선 영상

(그림 13) 방향각에 의하여 추출된 코너점
(Fig. 13) Corner points by direction angle method



(a) 가상패턴 영상

(b) 비행기 영상



(c) 폰트 영상

(d) 등고선 영상

(그림 15) 제안된 방법에 의하여 추출된 코너점
(Fig. 15) Corner points by proposed method

〈표 1〉 두 방법의 비교
(Table 1) Compare of two methods

경계선 각 화소에 대하여	방향각에 의한 방법	면적편차에 의한 방법
처리 시간	계산이 없음 (LookUp Table을 사용하므로 계산절차를 생략)	거리 L에 속한 화소수를 n이라 둘 때 $2 \cdot n(\text{곱셈}) + n(\text{덧셈}) + n(\text{뺄셈}) = 4 \cdot n$ 회 계산
코너점 개수	많다. (중복 검출이 많음)	적당 (중복 검출이 없음)

〈표 2〉 테스트 영상에서의 코너점 수
(Table 2) Corner point numbers in each test images

입력 영상	경계 화소수	방향각에 의하여 추출된 특징점 수	면적편차에 의하여 추출된 특징점 수	제안한 방법에 의하여 추출된 특징점 수
가상패턴 영상(a)	632	24	11	11
비행기 영상(b)	940	129	36	36
폰트 영상(c)	2167	298	81	81
등고선 영상(d)	2919	386	132	132

으로서 중복 추출되는 단점을 보완하였고, 추출된 후보점에 대하여 면적계산을 실시함으로써 디지털 영상을 표현하는데 있어 라운드 오프 오차에 의해 발생하는 한 화소차를 극복하였다. 또한 후보점에서 면적편차에 의한 코너 위치결정을 진행함으로써 곡선내의 가장 변화가 큰 점을 코너점으로 선정할 수 있었다.

테스트 영상에서 나타난 경계화소의 수와 각 방법에 의한 코너점의 수를 〈표 2〉에서 나타냈다. 〈표 2〉을 살펴보면 경계화소수에 비하여 방향각에 의하여 추출된 코너점 수가 약 13%정도 추출됨으로서 후보수가 격감한다는 사실을 알 수 있다. 이는 면적편차에 의한 방법에서 경계화소 전체에 대하여 면적계산을 행하는 처리시간을 lookup table을 사용하여 처리함으로써 전체 경계화소에 대하여 계산량을 줄이고 약 13%에 대한 후보화소에서 대하여 코너 위치결정을 함으로서 처리속도가 빨라짐을 알 수 있다. 또한 면적편차에 의하여 추출된 코너점과 제안한 방법에 의하여 추출된 코너점이 같다는 결과는 본 논문이 제안한 방법이 면적편차만을 사용한 방법과 같은 코너점을 추출한다는 것을 보여준다. 따라서 본 논문이 제안한 방법은 계산량 면에서는 면적편차에 의한 방

법보다는 빨라짐을 알 수 있고 추출된 코너점의 수와 위치면에서는 방향각에 의한 방법보다 정확해 짐을 알 수 있다.

7. 결 론

코너점은 입력된 영상을 이해함에 있어서 형태를 분석하는 중요한 요소이며 디지털 영상의 중요한 정보가 집중되어 있는 점이다. 본 논문에서는 경계화소에 대하여 코너점을 추출하는 방법을 제안하였다. 전체 경계화소에 대하여 방향각에 의한 일차 코너 후보점을 선정하였으며, 일차 후보점에 대하여 병합과 면적계산에 의하여 정리되어진 이차 후보점을 추출하고, 이차 후보점에 대하여 면적편차에 의한 코너점을 추출하는 방법을 사용하였다. 면적 편차에 의하여 구하는 방법에서 계산량이 많은 면적계산을 lookup-table에 의한 방향각을 계산하여 후보 코너점을 추출함으로써 면적계산에서의 시스템 처리시간을 줄일 수 있었다. 또한 추출된 코너점 역시 면적계산을 사용할 때와 다름이 없음을 실험을 통하여 알 수 있었다. 방향각에 의한 방법을 사용할 때에 나타나는 정수화된 디지털 영상의 한 화소차를 면적계산에 의하여 극복할 수 있었고, 중복되어 추출되는 후보점을 인접 후보점에 대하여 병합절차를 거침으로서 극복할 수 있었다. 실험을 통하여 복잡한 등고선 영상에서도 코너점이 추출됨을 알 수 있었고, 폰트 영상의 코너점을 추출함에 있어서 특히 장점이 있음을 알 수 있었다. 이러한 코너점 추출 방법을 이용하여 패턴인식에 유용하리라 생각되어 도면인식에 있어서 기호인식 부분에서 이용하기 위하여 검토중이다.

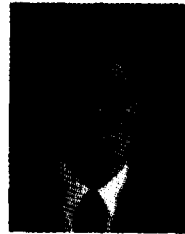
참 고 문 헌

- [1] A Rosenfeld and E. Johnston, "Angle detection on digital curves", *IEEE Trans. Computer. C-22*, 875-878 (1973).
- [2] A Rosenfeld and J. S. Weszka, "An improved method of angle detection on digital curves", *IEEE Trans. Computer. C-24*, 940-941 (1975).
- [3] B. Kruse and C. V. Kameswara Rao, "A matched filtering technique for corner detection", *4th Intl*

Joint Conf. Pattern Recognitin p. 642. Kyoto (1978).

- [4] H. Freeman and L. S. Davis. "A corner finding algorithm for chain code curves". *IEEE Trans. Computer. C-26*, 297-303 (1977).
- [5] H. L. Beus and S. S. H. Tiu, "An improved algorithm based on chain-coded plane curves", *Pattern Recognition* 20. 291-296 (1987).
- [6] W. S. Rutkowski and A. Rosenfeld, "A comparison of corner detection technique for chain code curves", Technical Report No. 623, Computer Science Center, University of Maryland (1978).
- [7] F. Cheng and W. Hsu, "Parallel algorithm for corner finding on digital curves", *Pattern Recognition Lett.* 8. 47-53 (1988).
- [8] B. Bell and L. H. Pau, "Contour tracking and corner detection in a logic programming environment", *IEEE Trans. Patter Anal. Mach. Intell. PAMI-12*, 913-917 (1990).
- [9] 정광응외, "영역라벨링에 의한 경계선 세그먼트의 데이터 구조 추출", 한국통신학회 논문집 제17권 제1호 p. 80-89 (1992).
- [10] P. R. Beaudat, "Rotationally invariant image operators". *4th Intl Joint Conf. Pattern Recognition* p. 579-583. Kyoto (1978).
- [11] Z. Q. Wu and A. Rosenfeld, "Filtered projections as an aid in corner detection", *Pattern Recognition* 16, 31-38 (1983).
- [12] O. A. Zuniga and R. H. Haralick. "Corner Detection using the facet model". *Proc. IEEE CVPR* 30-37 (1983).
- [13] Zhou Hao and Shao Lejun, "A Fast Corner Detection Algorithm Based on Area Deviation", *MVA'94*, 263-266 (1994).
- [14] William K. Pratt, *Digital Image Processing*, John Willy & Sons, Inc., (1978).
- [15] Ahmed S. Abutaleb, "Automatic thesholding of graylevel picture using two-dimensional entropy", *CVGIP*, vol. 47, no. 1, pp. 22-32, (1989).
- [16] Zhang, T. Y and C. U. Suen, "A fast parallel algorithm for thinning digital patterns", *Comm. of*

the ACM, vol. 27, no. 3, pp. 236-239, (1984).



정 광 응

1990년 동아대학교 전자공학과 (학사)
 1992년 동아대학교 대학원 전자공학과(석사)
 1995년 동아대학교 대학원 전자공학과(박사과정 수료)
 1993년~현재 부산전문대학 정보통신계열 조교수

관심분야: 패턴인식, 영상처리, 컴퓨터비전, GIS



이 상 학

1985년 경북대학교 전자공학과 (학사)
 1996년 동아대학교 대학원 전자공학과(석사)
 1997년 동아대학교 대학원 전자공학과(박사과정)
 1989년~현재 대우통신(주)

관심분야: 신호처리, 화상처리 및 컴퓨터비전



김 진 홍

1983년 동아대학교 전자공학과 (학사)
 1987년 동아대학교 대학원 전자공학과(석사)
 1992년 동아대학교 대학원 전자공학과(박사)
 1987년~현재 부산전문대학 정보통신계열 조교수

관심분야: 영상처리, 압축, 암호화



김 두 영

1972년 부산대학교 전자공학과 (학사)
 1975년 부산대학교 대학원 전자공학과(석사)
 1983년 경북대학교 대학원 전자공학과(박사과정 수료)
 1977년~현재 동아대학교 전자공학과 교수

관심분야: 디지털 신호처리, 영상처리 및 컴퓨터비전