

이진 영상에서의 단순화된 윤곽선 추출 방법

김 성 영*

Extraction of Simplified Boundary In Binary Image

Kim Sung-Young*

요 약

본 논문에서는 이진 영상에서 경계에 발생하는 잡영을 효율적으로 제거하고 형상을 단순화시켜 윤곽선을 추출할 수 있는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 이진 영상에서 영역의 윤곽선을 구하는 기존의 2×2 마스크 사용 방법을 일부 수정하여 한 픽셀 두께의 잡영을 효율적으로 제거할 수 있도록 하였다. 이를 위해 영역 경계의 잡영에서는 윤곽선 추적 경로가 중복되는 특성과 잡영의 끝점에서의 추적 특성을 분석하여 이용하였다. 또한 흰색 바탕을 윤곽선 추출에 활용함으로써 본래의 형상을 유지하며 효과적으로 단순화된 윤곽선 추출 결과를 얻을 수 있도록 하였다. 제안된 방법은 다양한 실험을 통해 그 효용성을 확인하였다.

Abstract

In this paper, boundary extraction algorithm is suggested by removing boundary noises efficiently and simplifying object shape in binary image. To remove boundary noises, 2×2 mask boundary extraction algorithm is modified. Proposed method is designed to generate a symmetric path for the parasitic branch noise and to analysis traced features on end point of noise. It can extract more simplified object boundary but preserve original object shape by combining white background color extraction result with foreground extraction result. The usefulness of the proposed method was proved through experiments with various binary images.

* 창원전문대학 멀티미디어과 전임강사
논문접수:1999.10.4. 심사완료:1999.12.6

I. 서론

영상 내부에 포함된 객체(object)의 골격선(skeleton)이나 영역 경계의 윤곽선을 추출하는 작업은 영상처리의 가장 기초적인 단계로써 처리 결과에 따라 상위 단계 - 영상 분석, 패턴 인식 등 - 의 작업 난이도가 영향을 받게 된다. 그런데 영상 처리 분야에서의 처리 대상이 되는 영상은 그림 1과 같이 본질적으로 불규칙하며 울퉁불퉁한 경계로 이루어져 있으며 또한 다양한 경계 잡영(boundary noise)을 포함하고 있다[1].

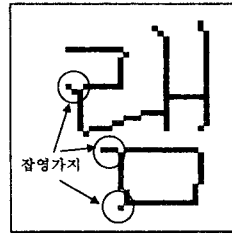


그림 1. 경계 잡영이 포함된 영상
Fig. 1 Image with boundary noise

잡영의 한 종류로서 객체에 기생하면서 한 픽셀 두께의 나무 가지 모양으로 나타나는 잡영이 있는데, 이것을 잡영가지(noise branch)라고 한다[4]. 이런 잡영가지들은 스캐닝된 영상의 경계나 칼라 지도 벡터화를 위해 지도 구성요소들(등고선, 도로, 해안선)을 추출하는 경우 추출할 구성요소와 배경색의 유사도로 인해 발생되며 기본적인 전처리 작업인 세선화 작업을 할 때 경계의 잡영으로 인하여 세선화된 골격선에 발생되기도 한다(그림 2). 따라서 상위 단계에서의 작업을 용이하도록 하기 위해서는 윤곽선 추출 단계에서 이들 잡영을 효율적으로 흡수하여 제거할 수 있는 방법이 필요하다. 또한 동시에 세선화된 결과와 같은 한 픽셀 두께의 객체에 포함되어 있는 잡영 가지의 제거에도 활용할 수 있어야 된다.



(a) 지도구성요소 추출 결과
(a) Component extraction in color printed map



(b) 세선화 결과
(b) Result of thinning

그림 2. 다양한 잡영 가지 예
Fig. 2 Examples of boundary noise

추출된 윤곽선에 포함된 잡영을 제거하기 위해서는 기존의 여러 가지 방법들을 적용할 수 있다. 우선 윤곽선 추출 이전에 추출할 영역의 경계를 부드럽게 처리함으로써 근본적으로 잡영 발생을 억제하는 물체 평활화(shape smoothing) 방법이 있다[2]. 이 방법은 비교적 크기와 면적이 있는 객체에 적용할 수 있는 방법으로 적은 픽셀 두께의 객체에는 적용할 수 없다. 다른 종류의 방법에는 추출된 윤곽선 결과에 대해 발생된 잡영을 제거하는 다양한 가지치기(pruning) 방법이 있다. 이 방법에는 각 선분의 길이를 일정한 만큼 동일하게 줄이는 모포로지(morphology)에서의 가지치기 방법과 연결성을 고려하여 상관없는 임의의 선분을 삭제하는 방법 등이 있다[4]. 그런데 이런 가지치기 방법은 많은 처리 시간이 소요된다.

이에 본 논문에서는 기존 윤곽선 추출 알고리즘중의 하나인 2x2 마스크를 사용하는 방법[3]을 일부 수정하여 윤곽선 추출 단계에서 잡영을 빠르고 효과적으로 제거하고 윤곽선을 단순화시켜 추출할 수 있는 방법을 개발하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 제거될 선분의 길이를 옵션으로 조정함으로써 세선화 단계에서 잔가지 모양으로 발생하는 잡영 가지 제거에도 활용할 수 있도록 하였다.

II. 윤곽선 추출 알고리즘

그림 3은 기존의 2x2 마스크를 이용하는 윤곽선 추출 알고리즘에 사용되는 2x2 마스크이다. 우선 영역의 경계 픽셀중의 하나를 시작점으로 선택하여 마스크의 x_k 를 이 시작점에 위치시키고, b에 대응하는 픽셀은 배경 픽셀이 되도록 마스크를 회전시킨다. 윤곽선 추적은 반시계 방향으로 진행하면서 마스크를 적용했을 때의 a와 b에 대응되는 두 픽셀을 고려하여 마스크의 다음 진행방향을 결정한다.

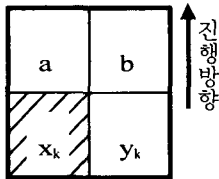


그림 3. 윤곽선 추출용 2x2 마스크
Fig. 3 2x2 mask for boundary extraction

a에 대응되는 픽셀이 경계 픽셀이고 b에 대응하는 것이 배경 픽셀일 때, 현재의 진행방향을 유지하며 전진한다. a와 b가 모두 영역의 내부에 해당하는 픽셀일 때는 오른쪽으로 마스크가 회전하며, a와 b가 모두 배경 픽셀일 때는 왼쪽으로 마스크가 회전하여 진행방향을 변경한다. 이와 같이 반복하여, 마스크의 x_k 가 시작점으로 되돌아 올 때까지의 궤적이 윤곽선이 된다.

마스크의 진행방향을 4연결 방향으로 할 때에는 마스크의 a, b에 대응하는 두 픽셀값이 모두 영역 내부에 해당하는 픽셀일 때만 마스크가 우측회전을 하며, b에 대응하는 픽셀값과는 상관없이 a에 대응하는 픽셀값이 배경 픽셀일 때 마스크가 좌측 회전을 한다. 그리고 8연결 방향으로 진행할 때에는 마스크의 a, b에 대응하는 두 픽셀값이 모두 배경에 해당하는 픽셀일 때만 마스크가 좌측 회전을 하며, a에 대응하는 픽셀값과 상관없이 b에 대응하는 픽셀값이 영역 내부에 해당하는 픽셀값일 때 마스크가 우측으로 회전한다(표 1).

〈표 1〉 a, b에 따른 마스크 진행방향
〈Table. 1〉 Mask direction according to a, b

	4 연결 추적		8연결 추적	
	a b	x_{k+1} y_{k+1}	a b	x_{k+1} y_{k+1}
전진	1 0	a b	1 0	a b
우측	1 1	b y_k	* 1	b y_k
좌측	0 *	x_k a	0 0	x_k a

1 : 경계 픽셀 0 : 배경 픽셀

III. 윤곽선 추적 단계에서의 잡영 제거

영역의 윤곽선을 추출하거나 세션화된 결과에 포함된 잡영은 대부분 한 픽셀 두께로 되어 있으며 길이를 가지고 있다. 윤곽선 추적 단계에서 이러한 잡영 가치를 제거할 수 있는 방법을 살펴보자.

그림 4와 같은 윤곽선을 추적해 나갈 때의 경로를 x_k 위치를 기준으로 하여 번호순으로 나열하면 다음과 같다.

1 → 2 → ④ → 5 → 5 → ⑥ → ⑥ → ⑥ → ④ → 7 → 8 → 9

잡영 가치의 끝점인 6번 픽셀에서는 마스크가 3번 연속적으로 회전하였음을 알 수 있다. 이러한 회전의 기점이 되는 픽셀인 잡영 가치의 끝점을 기준 픽셀이라 하자. 그런데 왼쪽 경로는 4, 5번 픽셀 순이고 오른쪽 경로는 단지 4번 픽셀만이 존재하므로 이 기준 픽셀을 기준으로 좌우 대칭이 되도록 진행 방향을 표 2와 같이 수정하여 항상 4연결 방향으로 진행하면서 추적할 수 있도록 하였다.

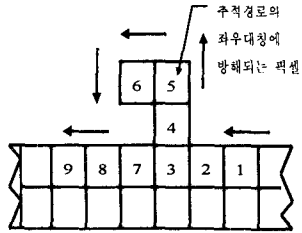


그림 4. 잡영이 포함된 윤곽선 추적 경로
Fig. 4 Tracing path with noise

〈표 2〉 수정된 진행방향 결정방법
(Table. 2) Modified mask direction according to a, b

	4 연결 추적			8연결 추적		
	a	b	$x_{k+1} y_{k+1}$	a	b	$x_{k+1} y_{k+1}$
전진	1	0	a b	1	0	a b
우측	1	1	b y_k	*	1	b y_k
좌측	0	*	x_k a	0	0	x_k a

수정된 방법을 사용하여 그림 4에 적용한 추적 결과는 다음과 같다.

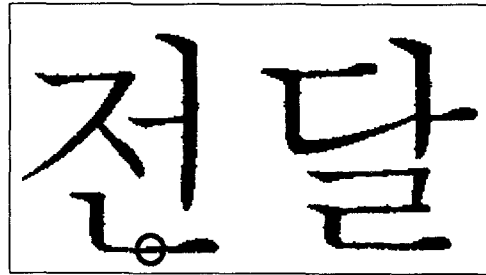
1 → 2 → ③ → ④ → ⑤ → ⑤ → ⑥ → ⑥ → ⑥ → ⑤ → ④ → ③ → 7 → 8 → 9

이와 같이 기준 픽셀을 기준으로 좌우 대칭이 되도록 함으로써 대칭되는 픽셀들을 잡영 가지로 판단하여 쉽게 제거할 수 있다. 그러나, 3번 픽셀은 잡영이 아닌데도 제거되는 문제점이 발생한다. 기준 픽셀로부터 중복되는 픽셀들을 열거해 보면 제일 끝에 검출된 픽셀은 항상 제거될 필요가 없는 픽셀임을 알 수 있다. 따라서, 이 픽셀은 남겨 두고 나머지 픽셀들만을 제거함으로써 잡영 가지를 제거할 수 있도록 하였다.

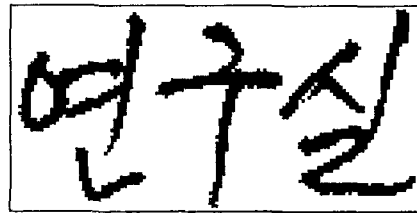
잡영 가지 제거 알고리즘에서는 가장 최근에 추적된 경로를 저장하기 위한 자료 구조를 사용한다. 이것은 기준 픽셀이 검출된 후의 추적경로와 대칭에 의해 중복되는 가를 조사하기 위해 사용된다. 이 때 중복 추적된 경로 길이 L이 사용자가 정의한 잡영 가지의 길이보다 긴 경우에는 제거하지 않는다.

그림 5는 실험 영상으로 경계에 잡영이 포함된 인쇄체 문자와 필기체 문자이다. 이들 문자에서 기존의 방법을

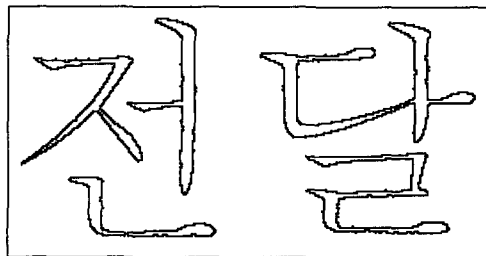
사용하여 경계 잡영을 처리하지 않고 윤곽선을 추출하면 그림 6과 같이 경계에 잡영이 포함된 불규칙한 형태로 윤곽선이 추출된다.



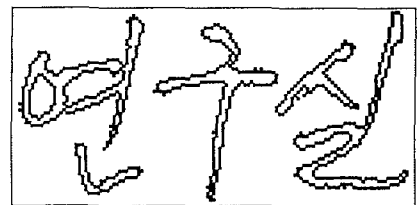
(a) 인쇄체 문자
(a) Printed character



(b) 필기체 문자
(b) Hand-written character
그림 5. 실험 영상
Fig. 5 Test image



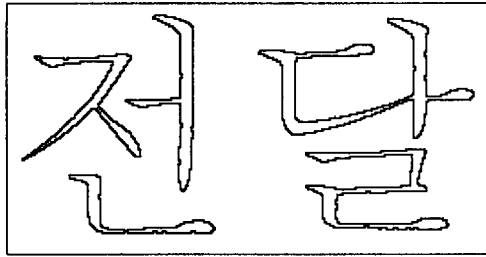
(a) 인쇄체 문자
(a) Printed character



(b) 필기체 문자
(b) Hand-written character

그림 6. 잡영이 포함된 윤곽선 추출 결과
Fig. 6 Contour extraction result with noise branch

본 연구에서 제안한 방법을 사용하여 경계를 추출하면 그림 7과 같이 잡영을 제거하며 윤곽선을 단순화시킬 수 있었다. 원래의 형상에 충실하며 잡영만을 제거하며 윤곽선을 추출한 것을 볼 수 있다.



(a) 인쇄체 문자
(a) Printed character



(b) 필기체 문자
(b) Hand-written character

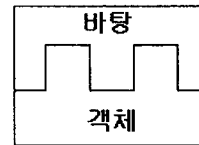
그림 7. 잡영이 제거된 윤곽선 추출 결과
Fig. 7 Contour extraction result by removing noise branch

IV. 흰색 바탕을 고려한 경계 단순화

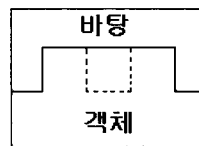
앞에서 설명한 방법을 적용하면 한 픽셀 두께를 갖는 잡영들은 모두 제거된다. 그런데 그림 5 (a)의 원으로 표시한 영역을 살펴보면 한 픽셀 두께를 가지며 영역 내부로 패인 것을 볼 수 있다. 이와 같은 영역도 객체에 존재하는 일종의 잡영이므로 객체에서 뺀어 나온 잡영만을 제거하는 것보다는 내부로 패인 한 픽셀 두께의 잡영들도 모두 제거하여 추출할 수 있다면 원래의 형상에 충실하면서도 좀더 객체의 모양을 단순화시켜 추출할 수 있을 것이다.

그런데 이런 잡영은 객체에서 뺀어나간 형태가 아니므로 지금까지 설명한 방법으로 제거할 수는 없다. 하지만 이런 잡영은 흰색 바탕을 객체로 간주하면 밖으로 뺀어나간 잡영에 해당되므로 흰색 바탕을 객체로 가정하고 잡영을 제거하면서 윤곽선을 추출한 후 원 객체의 추출 결과와 조합하면 들쭉날쭉한 영역을 직선으로 보정하며 단순화된 윤곽선을 추출할 수 있다.

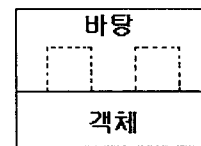
흰색 바탕을 객체로 간주하여 추출한 결과와 원래의 객체의 추출 결과를 조합하기 위해서는 우선 흰색 바탕을 객체로 간주하여 윤곽선을 추적하게 된다. 그런데 흰색 바탕을 추적할 때 뺀어 나온 잡영 가지를 무조건 잘라나게 되면 흰색 바탕을 우선 추적하느냐 아니면 원래의 객체를 우선 추적하느냐에 따라 윤곽선 추출 결과가 달라질 뿐만 아니라 그림 8 (a)와 같은 영역은 그림 8 (b)와 같이 처리되지만 이웃하는 픽셀들을 고려함으로써 그림 8 (c)와 같이 처리할 수 있다면 인접한 주위의 영역을 고려했을 때 전체적으로 직선으로 보정되므로 훨씬 만족스럽게 된다.



(a) 잡영이 포함된 영역
(a) noise branch



(b) 패인 영역을
단순하게 채움
(b) Fill excavated pixel



(c) 주변 영역을 고려하여
잡영을 잘라냄
(c) Conderation of
neighbor condition

그림 8. 주변 영역 고려시의 장점
Fig. 8 Advantage when consider neighbor pixels

따라서 흰색 바탕을 추적할 때 다음과 같은 조건들을 고려함으로써 원하는 결과를 얻을 수 있도록 하였다. 조사되는 있는 픽셀을 기준으로 할 때, 다음과 조건을 조사할 수 있도록 하였다.

- 좌, 좌좌, 우, 우우 픽셀이 모두 바탕색 → 잘라냄
- 좌, 우는 바탕이고 좌좌, 우우는 물체 픽셀 → 보존
- 좌, 우는 바탕이고 좌좌, 우우 중의 하나는 객체, 다른 하나는 바탕이면 → 잘라냄

객체를 추적중이면 무조건 잡영 가치를 바탕색으로 치환하여 잘라버리도록 하였다.

그림 5 (a)의 입력 영상에 대해 흰색 바탕을 함께 고려하여 추출된 결과는 그림 9와 같다. 객체에서 뺀어 나온 잡영 가치만을 제거한 것보다는 들쭉날쭉한 영역들이 많이 직선으로 보정되어 훨씬 단순화되어 윤곽선이 추출된 것을 볼 수 있다.

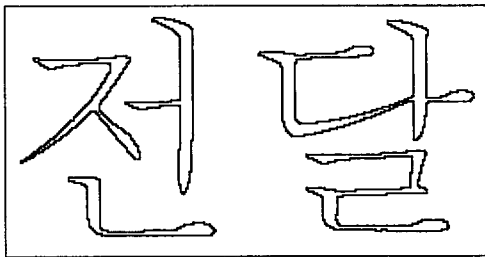


그림 9. 최종 추출 결과
Fig. 9 Final result of contour extraction

V. 결론

본 논문에서는 2x2 마스크를 이용하여 윤곽선을 추출하는 기존의 방법을 수정하여 영역 경계에 포함된 잡영을 제거하면서 형상을 단순화시켜 윤곽선을 추출할 수 있는 방법을 제안하였다.

제안된 방법은 영역 경계에 포함된 잡영을 빠르고 효율적으로 제거하면서 단순화된 윤곽선을 추출할 수 있었다. 또한 흰색 배경 영역의 윤곽선 추출 결과와 조합함으로써 들쭉날쭉한 많은 영역이 직선으로 보정되어 단순화되는 결과를 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Doron Shaked, Alfred M. Bruckstein, "Pruning Medial Axes", Computer Vision and Image Understanding Vol 69. No. 2, pp. 156-169, 1998
- [2] Seng-beng Ho, Charels R. Dyer, "Shape Smoothing Using Medial Axis Properties", IEEE PAMI Vol. 8, No. 4, pp 512-520, 1986
- [3] 황병원, "THE ELECTRONIC SCIENCE", pp.146-153, 1985
- [4] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, 1993

저자 소개

김성영

한국 OAH학회 논문지 제3권 제3호 참조
현재 창원전문대학 멀티미디어과 전임강사