

윤곽선 정보를 이용한 금석문 영상의 글자 영역 추출

최 호형, 박 영식, 김 기석
경주대학교 컴퓨터전자공학부

Character Region Extraction of Monumental Inscription Image Using Boundary Information

Ho-hyong Choi, Young-sik Park, and Gi-seok Kim
School of Computer & Electronic Engineering, Kyongju University
E-mail : chhman@kyongju.ac.kr, yspark@kyongju.ac.kr, kims@kyongju.ac.kr

요 약

The study on shilla monumental inscription has been accomplished by many historians. However, the research on segmentation of monumental inscription image using digital image processing is not sufficient for restoration of the image. Although, many image processing methods have been proposed for region extraction in still image, there is no suitable method for accurate interpretation of monumental inscription image. To distinguish foreground and background region in the image, this paper presents new segmentation algorithm composed of contrast adjustment and median filtering, thresholding and sobel operation, as pre-processing and post-processing. The result show that background and foreground regions are segmented in monumental inscription image.

1. 서 론

신라 시대의 연구를 가장 엄밀하고도 심도 있게 수행할 수 있는 학문분야 중 하나가 금석문 분야이다. 금석문은 정치, 사회, 문화 등을 비롯한 제분야에서 동시대적인 생활환경을 생생하게 보관하고 있는 중요한 자료로서 그 역사적 가치는 매우 높다[1].

이러한 금석문 연구는 돌의 흠집이나 조개짐 등으로 인해 탁본 후 글자를 알아볼 수 없는 경우가 많다. 특히 나무에 새겨진 목간은 부패로 인하여 육안으로 알아볼 수가 없어서 적외선 카메라 등을 이용하여 가시광선 영역 바깥을 촬영해야 영상을 획득할 수 있으며, 획득된 적외선 영상도 알아보기가 힘든 경우가 많다[2]. 따라서, 이렇게 파손된 금석문 영상을 육안으로 식별하기 쉽게 처리를 하는 것이 필요하다.

기존의 논문에서는 파손된 글자들의 경우 수리 형태학적 열림연산(opening operator)과 닫힘연산

(closing operator)을 반복적으로 적용하여 영상의 잡음을 제거하고 글자의 연결성을 개선한다.

일반적인 영상이라면 3×3원형 형태소 또는 5×5원형 형태소를 적용해야 할 것이나 금석문 영상의 경우에 한자의 획의 연결성을 살려야 하는 특수한 경우가 존재하게 된다. 특히 글자영역에 곡선이나 혹은 직선과 같은 기하학적인 영역이 존재하게 된다[3]. 따라서, 금석문 영상에 적용하기 부적절하다.

또 다른 방법으로서 방향성 필터를 이용한 영상처리는 양쪽 대각선과 수평, 수직 방향으로 필터링을 하는 것으로 경계정보를 보존하고 동일 영역에서는 뭉통화(smoothing)하여 출력을 얻는다. 이 과정은 양쪽 대각선과 수평, 수직 방향으로 열림과 닫힘을 각각 행함으로써 양과 음의 임펄스 잡음을 제거한 8방향에 대한 필터링 결과를 얻게 된다. 그런 다음 8방향 필터링 결과 값과 이를 평균한 값을 출력한 후 워터셰드 알고리즘(watershed algorithm)을 사용하여 분할하였

다. 그 결과 글자영역은 효과적으로 분할 할 수 있었으나 글자영역의 연결성적인 측면에서는 개선되어야 한다[4].

본 논문에서는 그림 1에서와 같이 적외선카메라로 촬영한 영상이 글자영역과 배경영역을 식별하기 힘들기 때문에 명암 대비 조정(contrast adjust)을 통해서 대략적으로 글자영역을 분리하였다. 또한 글자영역과 배경영역에 존재하는 임펄스 노이즈를 제거하기 위해서 중앙값 필터(median filter)를 사용함으로써 효과적으로 잡음을 제거하였다. 마지막으로 문턱치와 소벨 연산(sobel operator)을 통해서 글자영역을 배경영역으로부터 분리 할 수 있었다.

2. 윤곽선 추출

영상에서 대상물의 특징적인 에지를 표현함으로써 영상 내의 사물들을 대상에 해당하는 서로 다른 구역으로 분할할 수 있으며, 인간의 시각 시스템이 물체를 인식하는데 있어 에지정보가 중요한 역할을 한다. 또한 검출된 에지를 이용하여 특정한 물체를 검출하기도 하고, 그 면적이나 둘레의 길이를 측정하기도 용이하다. 그리고 영상을 에지로 표현하게 되면 영상 속의 물체의 형태에 관한 정보를 그대로 유지할 수 있다. 이러한 에지를 검출하기 위해서는 로버트(roberts), 프리위트(prewitt), 소벨(sobel) 등의 연산자를 사용하게 된다. 이러한 연산자들은 영상 미분에 기울기(gradient)연산자를 이용한 개념으로 행할 수 있다[5-9].

영상 $f(x, y)$ 의 위치 (x, y) 점에서의 기울기는 다음과 같은 벡터이다.

$$\nabla f = [G_x, G_y] = \left[\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right] \quad (1)$$

위치 (x, y) 점에서의 기울기 벡터는 f 의 최대 변화율 방향을 가리킨다는 것은 벡터해석 분야에서 잘 알려져 있다. 에지 검출에서 중요한 값은 이 벡터의 크기이며, 이는 일반적으로 간단히 기울기라고 하며, ∇f 로 표시한다. 여기서

$$\nabla f = \text{mag}(\nabla f) = [G_x^2 + G_y^2]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

이다. (x, y) 점에서의 기울기 벡터는 f 의 최대 변화율 방향을 가리킨다는 것은 벡터 해석 분야에서 잘 알려져 있다. 에지 검출에서 중요한 값은 이 벡터의

크기이며, 이는 일반적으로 간단히 기울기라고 하며, ∇f 로 표시된 다음 수식과 같이 근사화 하여 많이 사용한다. 이 값은 ∇f 의 방향으로 단위 길이당 $f(x, y)$ 의 최대 증가율과 같다. 실제에서는 기울기를 절대 값들로 표시된 다음 수식과 같이 근사화 하여 많이 사용한다.

$$\nabla f = |G_x| + |G_y| \quad (3)$$

기울기 벡터의 방향은 $a(x, y)$ 가 (x, y) 에서의 벡터 ∇f 의 방향각을 나타낸다고 하자. 벡터 해석으로부터

$$a(x, y) = \tan^{-1}\left(-\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (4)$$

이고, 여기서 각은 x 축을 기준으로 한다.

소벨 연산자에 기반한 미분은

$$G_x = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \quad (5)$$

$$G_y = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_4) \quad (6)$$

로 주어진다. 여기서, z 들은 임의의 위치에서 마스크에 의해 겹쳐진 화소의 명암도들이다.

이들을 통한 마스크로서는 그림 2에서와 같이 나타낸다.

3. 제안한 영상 분할 알고리즘

본 논문에서는 그림 1에서 보는 것과 같은 적외선 카메라로 촬영한 영상의 전처리과정으로써 글자영역과 배경부분을 분할하기 위해서 명암 대비조정을 통해서 분할 하였다. 평균값 필터(average filter), 가우스 필터(gaussian filter), 중앙값 필터등은 금속문 영상에 많이 존재하는 양의 임펄스 노이즈(positive impulse noise)를 제거하기 위한 필터들이다.

본 논문에서는 이들 중 효과적으로 잡음을 제거할 수 있는 중앙값 필터를 사용함으로써 양의 임펄스 값을 효과적으로 제거하였다. 이 결과 값을 토대로 문턱치를 적용하여 글자영역을 분할 한 다음 소벨 연산자를 통해서 글자영역과 배경영역을 분리하였다. 이에 적용된 소벨 연산자의 필터는 그림 2에서 보는 것과 같은 마스크를 사용하였다.

4. 실험 및 고찰

본 논문의 실험에 사용된 신라 목간의 경우는 함안 성산산성 출토 목간으로써 부패도가 심하여 육안으로 식별할 수가 없으므로 적외선 카메라로 촬영하여 영상을 획득했다. 이렇게 획득된 영상은 그림 1에서 보는 것과 같이 사람의 육안으로 글자영역과 배경부분을 구별하기가 힘들다. 이러한 영상을 토대로 실험한 결과 그림 4에서 보는 것과 같다. 그림 4(a)는 원 영상이다. 그림에서 보는 것과 같이 배경영역과 글자영역이 육안으로 식별하기 힘들다는 것을 알 수 있다. 이러한 영상을 명암 대비조정을 하고 메디안 필터를 사용하여 잡음을 제거한 후 문턱치를 적용한 영상이 그림 4(b)의 영상이다. 그림 4(c)의 영상은 그림 (b)의 영상을 토대로 소벨 연산자를 사용하여 대상물 영상의 에지를 표현하였다.

영역의 경계선을 보여주기 위해 그림 (a)과 그림 (c) 영상을 합친 영상이 그림 4(d)의 영상이다. 그림 5는 이와 같은 방법으로 또 다른 영상에 대해서 적용해본 결과 영상이다.

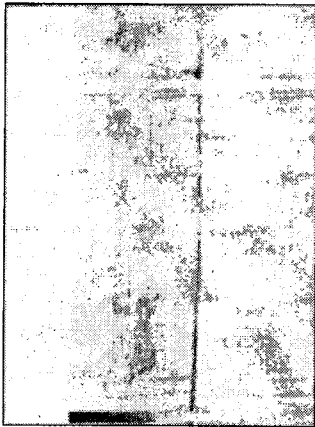


그림 1. 금석문(목간) 적외선 영상.

5. 결론

문화재 복원을 위해 영상 처리 기법들이 사용되고 있는데 본 논문에서는 육안으로 식별하기 힘든 신라 금석문 해석 및 연구의 전처리로서 필수적인 디지털적인 금석문 영상의 분할을 위한 알고리즘을 제시하였다. 그림 4와 그림 5에서 보는 것과 같이 글자영역의 잡음을 효과적으로 제거하였을 뿐만 아니라 효과적으로 글자영역과 배경영역을 분리하였다. 그림에서

볼 수 있듯이 제안한 알고리즘을 통해서 신라 금석문 영상을 디지털 영상 처리를 통해서 육안으로 식별할 수 있었다. 또한 제시한 알고리즘을 통해서 기존에 연구되었던 결과 보다 글자의 연결성이 개선되었다. 그러나 글자 영역의 세부적인 영역을 검출하기 위한 연구가 좀더 수행되어야 할 것이다.

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

(a)

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

(b)

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

(c)

그림 2. 소벨 연산자.

(a) 3x3 영상 영역.

(b) 3x3 영상 영역의 G_x 를 구하기 위한 마스크.

(c) 3x3 영상 영역의 G_y 를 구하기 위한 마스크.

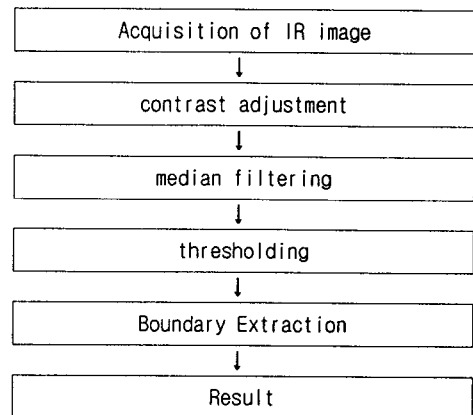


그림 3. 제안한 알고리즘

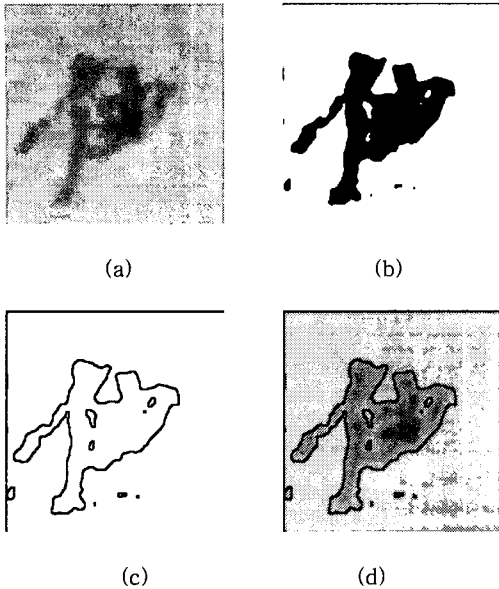


그림 4. 알고리즘을 통한 결과 영상
 (a) 원영상. (b) 문턱치를 적용한 영상.
 (c) 소벨 연산자를 실행한 결과 영상.
 (d) (a)와(c)를 합친 영상.

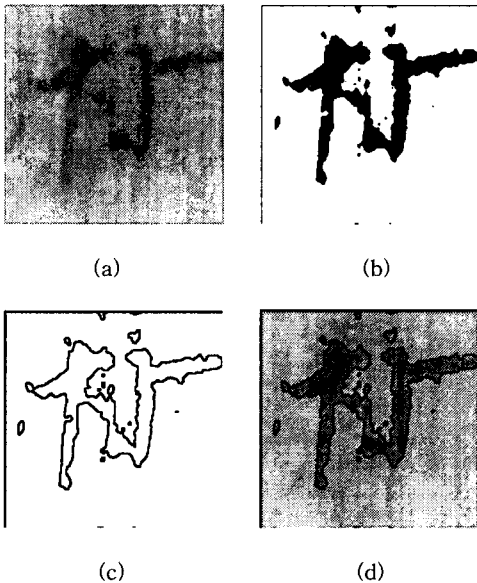


그림 5. 알고리즘을 통한 결과 영상
 (a) 원영상. (b) 문턱치를 적용한 영상.
 (c) 소벨 연산자를 실행한 결과 영상.
 (d) (a)와(c)를 합친 영상.

[참고문헌]

- [1] 金昌鎬, 古新羅 金石文의 研究, 慶州文化研究所, 1998.
- [2] 최광남, 문화재의 과학적 보존, 대원사, 1994.
- [3] 최호형 외 3명, "수리형태학을 이용한 금석문 영상 향상," 제6회 삼성휴먼테크 논문 대상 수상작, 1999.
- [4] 최호형, 박영식, 김기석 "금석문 영상의 계층적 분할, "춘계 멀티미디어 학술 발표대회 논문지, 제 5권 제1호, 2002년5월24일.
- [5] S.Sarker and K.L.Boyer, " On Optimal Infinite Impulse Response Edge Detection Filter", IEEE Transa. on PAMI, vol.13, no.11, pp. 699-714, 1986.
- [6] R. C. Gonzalez and R. E. Wood, "Digital Image Processing," Addison Wesley, 1992.
- [7] R. C., Gonzalez and R. E. Wood, "Digital Image Processing," second edition Addison Wesley, 2002.
- [8]곽성근, "확률적응 형태론을 이용한 에지 검출 알고리즘", 한국 컴퓨터산업교육학회 논문지, vol.1, no.2, 2000년 11월.
- [9] R.M.Haralick and L.G.Shapiro ",Computer and Robot Vision", vol.1, Addison Wesley, 1992.