

모폴로지 연산을 이용한 문서 이미지의 기울기 검출 기법

신명진^{*} · 김도현^{*} · 차의영^{*}

^{*}부산대학교, 컴퓨터 공학과

Fast Skew Detection of Document Image Using Morphological Operation.

Myoung-Jin Shin^{*} · Do-Hyun Kim^{*} · Eui-Young Cha^{*}

^{*}Department of Computer Science & Engineering, Pusan National University

E-mail : 8178aya@gmail.com

요 약

본 논문은 스캔한 문서 및 전자 문서 등과 같은 문서 이미지에서의 기울기를 검출하는 기법을 제안하고 있다. 제안한 알고리즘은 처리 속도 향상을 위해 일정 비율로 축소된 이미지를 사용한다. 하지만 여전히 문서 전체를 대상으로 기울기를 검출하는 것은 많은 계산량을 요구하므로 대상영역(ROI)을 선택한다. 대상 영역은 모폴로지 연산을 통해 문자열을 하나의 긴 component로 연결하고 Labeling 과정을 통해 선택된다. 그리고 원본 이미지에서 문자의 baseline을 바탕으로 대상 영역에서 기울기를 검출한다.

실험결과를 통하여, 제안한 방법은 표나 그래프가 포함된 여러 종류의 문서 이미지에서 빠르고 정확한 기울기 값을 검출함을 확인할 수 있다.

ABSTRACT

This paper presents a new method for automatic detection of skew in a document image using mathematical morphology. To speed up processing, we use reduced image but it still requires long time to estimate the skew angle so the proposed method works with region of interest, not with whole image. Character strings are connected by using morphological closing operation and a component labeling is used to select region of interest. The method considers the lowermost pixels of characters in candidate regions in the binary image of original document image.

Experimental results shows that the proposed method is extremely fast and robust as well as independent of script forms.

키워드

기울기 검출, 이미지 프로세싱, 수학적 모폴로지 연산, OCR

1. 서 론

문서 이미지 처리 분야는 사무 문서 작업의 자동화에 있어서 점차 중요한 기술로 자리 잡고 있다. 대부분의 문서 이미지 처리 방법들은 입력 문서 이미지가 기울어지지 않았다는 전제로 한다. 하지만 실제로 text reader 나 OCR 시스템과 같은 스캐너들을 이용해 문서를 스캔할 경우, 사용자가 주의를 기울인다 하더라도 문서가 기울어진

채 읽혀질 수 있다. 기울어진 문서 이미지는 문서 분석 및, 문자 segmentation, 인식 등의 성능에 많은 영향을 미친다. 따라서 문서 이미지의 기울기 보정은 모든 문서 이미지 처리에서 반드시 거쳐야 할 전처리 단계이다.

문서 이미지의 기울기 검출에 대한 많은 방법들이 연구되어 왔다. 본 논문에서 제안하고 있는 방법을 소개하기에 앞서 먼저 기존의 방법들을 간략히 소개하면 아래의 5가지의 유형으로 나눌

수 있다.

1. k-nearest clustering method [1]
2. Hough transform [2]
3. Cross correlation [3]
4. Fourier transform [4]
5. Morphological transform [5]

대부분의 기울기 검출 방법들은 문자를 주로 포함하고 있는 문서 이미지의 경우에 적합하며 그림이나 표와 같은 문자외의 component 가 들어 가 있는 복잡한 형식의 문서 이미지의 경우에는 그 정확성 및 속도가 떨어진다.

본 논문은 기존의 문서의 기울기 검출 방법 중에서 특히 모폴로지 연산을 이용한 검출 방법을 응용한 새로운 문서의 기울기 검출 방법을 제안한다. 제안한 방법은 간단하고 처리 속도가 빠르며 정확도 또한 뛰어나다.

본 논문의 구성은 2장에서 새로운 문서 기울기를 검출하는 알고리즘을 제안하였고 3장에서 제안한 방법의 성능에 대한 실험 결과를 기술하였고 4장에서 결론을 맺는다.

II. 문서 기울기 검출 방법

이 장에서는 제안된 문서 기울기 검출 방법을 단계별로 살펴본다.

2-1. 이미지 축소

이미지 처리 시간을 단축하기 위해서 문서 이미지의 크기를 지정된 비율 RR(resize ratio) 로 축소시킨다.

2-2. 이진화

Iterative Threshold 기법을 사용하여 축소된 이미지를 이진화 한다.

2-3. ROI(Region of interest) 선택

문서 이미지를 축소하였지만 여전히 문서 전체 이미지를 대상으로 기울기를 검출하는 것은 계산 시간이 많이 소모된다. 따라서 morphology 를 사용하여 문자들을 연결하고 Labeling 으로 분석된 정보를 기반으로 기울기를 검출하기 위한 부분 영역 ROI(Region of interest)를 선정한다.

2-3-1. 문자 연결

문서에서 문자열이 존재하는 구간의 획을 연결시키기 위해서 morphology closing 연산을 수행한다. 이때 dilation 을 위한 SE(Structuring element)의 크기는 $3 \times FW$ 로 설정하고 Erosion 을

위한 SE의 크기는 $1 \times (FW \times 2)$ 로 설정한다. 여기서 FW는 morphology 연산을 위한 필터의 가로 크기로써 이웃하는 문자들이 하나의 긴 문자열과 연결되지 않은 돌출 획 또는 표의 세로 선이 제거된다. 특별히 표가 존재하지 않는 문서일 경우 Erosion 과정은 생략해도 무방하다.

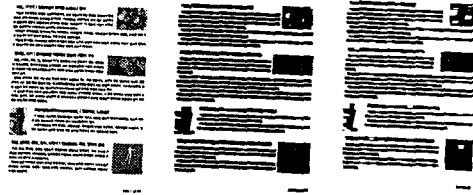


그림 4. 원영상 그림 5. Dilation 그림 6. Erosion

2-3-2. Baseline Marking

기울기 검출의 정보로 문자의 기준선(baseline)을 사용한다. 이때, 이 기준선을 검출하기 위해서 morphology로 필터링 된 이미지를 사용하면 사실 획이 없는 부분도 연결되어 있으므로 마치 그 자리에 획이 있는 것처럼 표현된다. 또한 영어의 경우 명확한 기준선을 가지지만 한글의 경우에는 가로 획이 일정하게 존재하는 명확한 기준선이 없다. 따라서 본 논문에서는 필터링 된 영상이 아닌 이진화 된 원 영상을 대상으로 기준선 정보를 검출하며, 명확한 기준선을 검출하기 위해서 현재 픽셀이 획 픽셀이며 그 아래쪽으로 일정한 거리만큼 공백 픽셀이 계속될 경우에만 현재 픽셀을 기준선 픽셀로 정의하여 기준선 이미지를 생성한다. 여기서 말하는 일정한 거리는 FW의 $1/2$ 크기로 설정한다. 이와 같은 방법으로 기준선을 설정하면 한글 '를'과 같은 경우 기준선 픽셀이 최대 7개씩 검출되는 기존의 방법과는 달리 대략 1~2개씩의 기준선 픽셀만 계속 검출되므로 기울기 검출 시 부정확한 계산 결과를 미연에 방지할 수 있다.

2-3-3. Candidate Component Selection

Morphology 연산으로 필터링 된 이미지를 대상으로 Labeling 을 수행하고, 분석된 connected component 의 너비가 T_w 이상이고 내부 각이 T_a 이하인 component 중에서 너비가 최대인 COI(Component of interest)를 찾는다.

$$COI = \max_{N(CC_i)} \left\{ \begin{array}{l} CC_i W(CC_i) > T_w, \\ atan2(H(CC_i), W(CC_i)) < T_a \end{array} \right\}$$

$$ROI = Rect(COI)$$

여기서 CC_i 는 i 번째 connected component $W(CC_i)$ 는 i 번째 connected component 의 너비

H(CC_i)는 i 번째 connected component 의 높이, N(CC_i)은 기준선 이미지에서 i 번째 connected component 영역 상에 존재하는 기준선 픽셀의 수, Tw는 component 의 너비 임계값(Threshold of component width)이며, Ta는 component의 각도 임계값(Threshold of component angle)이다. Tw는 COI가 찾아질 때까지 문서 너비의 0.9부터 0.1까지 감소시키고, Ta는 10°에서 90°로 10°씩 증가시킨다. 찾아진 COI의 외접 사각형 영역이 기울기를 검출할 대상 영역 ROI 가 된다.

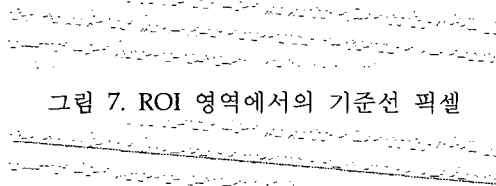


그림 7. ROI 영역에서의 기준선 픽셀

그림 8. 기준선 픽셀을 통한 기울기 검출

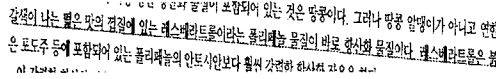


그림 9. 문서 이미지에서의 해당 영역

2-4. Skew Detection

Step 3에서 검출한 ROI 내에 존재하는 기준선 픽셀을 바탕으로 문서의 기울기를 검출한다. ROI 영역의 너비를 W_r, 높이를 H_r이라고 할 때 먼저 ROI의 왼쪽 경계선 y₁ 지점 (0 < y₁ < H_r)으로부터 ROI 오른쪽 경계선 y₂*0 < y₂ < H_r) 지점까지 연결하는 직선 경로를 구하고 그 경로 상에 존재하는 기준선 픽셀의 수가 가장 많은 직선의 각도 atan2(y₂-y₁, W_r)가 문서의 기울기가 된다.

III. 실험 및 결과

제안된 방법은 영어, 한글, 혼합 의 3가지 언어 별로 각각 20개의 문서 이미지 (논문 및 기술 서적 6종, 일반 책 6종, 형식 문서 5종, 기타 3종), 총 60개의 문서 이미지를 사용하여 실험하였다. [그림 9]는 실험에 사용한 문서 이미지의 일부를 보여주고 있으며 2000X3000 이상의 해상도를 가진 전자 문서이다. 스캔한 문서는 스캔 과정에서 기울어진 상태로 스캔이 될 가능성이 있지만 전자 문서는 그럴 가능성이 없기 때문에 기울기 성능 평가를 정확히 측정할 수 있다.

실험방법은 검출된 이미지의 기울기 각도가 정확한 값인지 확인하기 위해 기울어지지 않은 이미지를 일정 각도로 임의로 회전시키고 회전된 이미지의 기울기 값을 검출하였다. 이미지 축소 비율은 0.1~1.0 까지 10단계로 하였고 회전각은

-5°~+5° 까지 1°씩 회전시켰다.

문서 이미지를 축소된 상태에서 기울기를 검출할 경우, 이미지 처리 시간이 단축되는 이점이 있는 반면, 그에 따른 이미지 정보의 손실로 인해 오차 값이 커질 수 있다. 제안된 방법을 이용할 경우, 축소하여도 결과 값의 오차의 평균이 크게 달라지지 않는 것을 알 수 있다. 단, [그림 7]과 같이 0.1 배로 축소하였을 경우에는 이미지의 정보가 원본에 비해 많이 손실됨에 따라 오차의 평균값이 커짐을 알 수 있다.

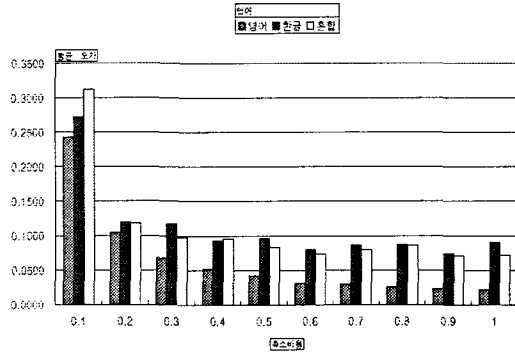


그림 10. 언어별 축소 비율에 따른 오차 평균

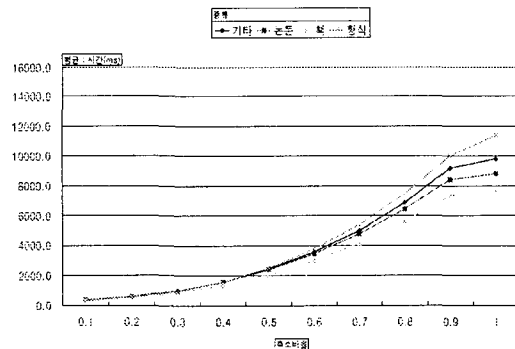


그림 11. 문서 종류 별 축소 비율에 따른 검출 시간

IV. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 문서 이미지의 기울기를 측정하는 방법을 제안하였다. 처리 속도 향상을 위해서 일정 비율로 축소된 이미지를 사용하고, 또 전체 이미지 영역이 아닌 ROI를 선택하여 기울기를 측정하였으며, 제안된 방법으로 기울기를 측정했을 때 빠르고 정확한 기울기 값을 측정함을 알 수 있었다. 처리 과정 중 모폴로지 연산 과정을 거쳐서 ROI를 선택하는 과정이 가장 많은 시간을 차지하므로 이를 개선시킨다면 훨씬 처리 시간을

단축시킬 수 있을 것으로 생각되며 이에 대한 연구가 향후 계속되어야 할 것이다.

참고문헌

[1] L. O’Gorman, The Document Spectrum for Page Layout Analysis, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine intelligence, Vol. 15, No. 11, pp. 1162-1173, 1993.
 [2] S.C. Hinds, J.L. Fisher and D.P. Amato, A Document Skew Detection Method Using Ren-length Encoding and the Hough Transform, in Proc. 10th International Conference on Pattern Recognition, pp. 464-468, 1990.
 [3] T. Akiyama, N. Haralick, Automated Entry System for Printed Documents, Pattern Recognition, Vol. 23, No. 11, pp. 114-1154, 1990.
 [4] A. Amin, and S. Fischer, A Document Skew Detection Method using Hough Transform, Pattern Analysis and Applications, pp. 243-253, Vol. 3(3), 2000.
 [5] A.K. Das, B Chanda, A fast algorithm for skew detection of document images using morphology, IJDAR, Vol. 4, pp. 101-114, 2001

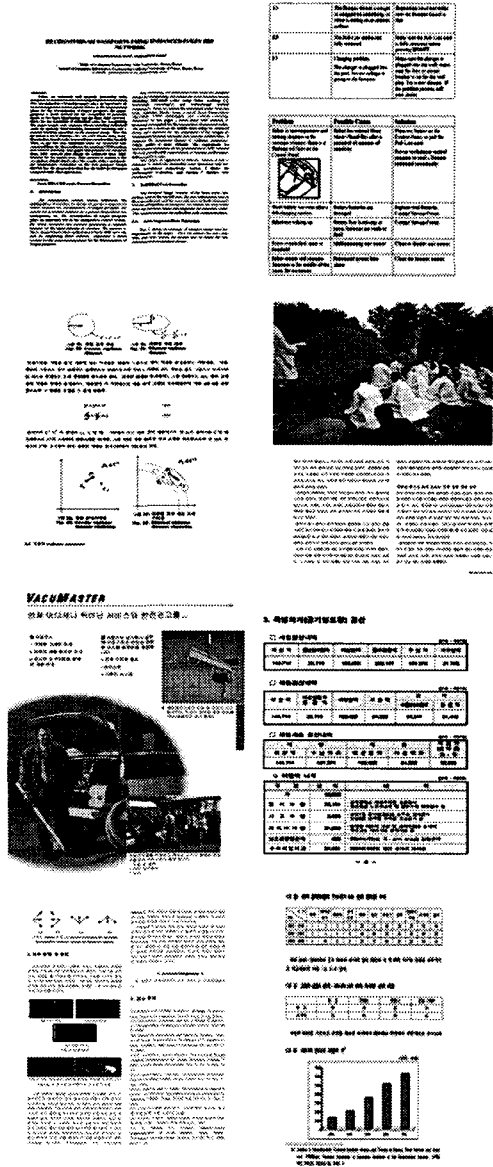


그림 12. 실험 이미지 예