한글의 구조적 특징을 이용한 필기 문자열의 기울기 보정

유대근^{O} 김경환
서강대학교 전자공학과
kbl75@sogang.ac.kr , gkim@ccs.sogang.ac.kr

Slant Correction of Handwritten Strings using Properties of Korean Characters

DaeKeun You^{0} Gyeonghwan Kim
Dept. of Electronic Engineering, Sogang University

요 약

본 논문에서는 한글 문자열의 기울기 보정 방법을 제안한다. 기존 방법들이 대부분 영문위주의 보정 방법으로 한글에 적용하는데는 많은 문제가 있다. 특히, 한글에 존재하는 대각선획으로 인한 역보정으로 문자열을 심하게 손상시키는 경우가 빈번하다. 제안하는 방법은 한글 문자열에 존재하는 대각선획들을 기울기 보정 과정에서 효과적으로 제외시킴으로써 기존 방법에서 나타나는 역보정의 문제를 해결하였다. 임의의 필기자들에 의해 필기된 우편봉투 주소문자열 500개를 이용하여 실험한 결과 제안하는 방법이 역보정을 크게 줄여 기존의 방법보다 좋은 보정 결과를 얻을 수 있었다.

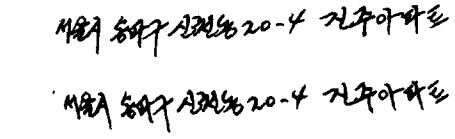
1. 서 론

기울기 보정은 필기자의 필기습관이나 필기방향 등으로 인해 필기된 문자열에 발생하는 기울어짐을 추정하고 보정하는 전처리 과정이다. 문자열의 기울기로 인해 문자간 접촉이 증가하게 되고, 이는 분할 및 인식을 더욱 어렵게 만든다. 이러한 기울기 보정의 필요성에도 불구하고 지금까지의 필기체 한글의 연구는 분할 및 인식에만 집중되어 있었다. 영문에서의 기울기 보정에 관한 연구는 많았으나[1],[2],[3],[4],[5], 한글 문자열에서의 기울기 보정에 관한 연구는 거의 없었다[6]. 한글은 그 구조가 영문과 근본적으로 달라 영문의 기울기 보정을 위해 개발된 방법을 한글에 적용할 경우 영문에서와 같은 성능을 기대할 수 없으며, 오히려 잘못된 보정으로 문자열을 손상시키는 경우가 빈번하다. 본 논문에서는 기존 방법에서 나타나는 문제점의 원인을 분석하고 해결할 수 있는 새로운 기울기 보정 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 먼저 세선화한 문자열에서 직선획을 추출한다. 추출된 획들의 기울기를 구하고, 기울기 분포로부터 후보 기울기를 생성한다. 후보 기울기에는 대각선획을 나타내는 기울기가 포함되어 있으므로, 이들에 가중치를 적용하여 수직획을 나타내는 기울기를 검출한다. 검출된 기울기를 이용하여 전체 문자열을 보정함으로써 대각선획을 기울기 보정에서 효과적으로 제외시킬 수 있었으며, 이를 통해 기존 방법에서 나타나는 역보정을 최소화할 수 있었다.

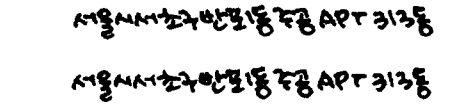
2. 기존 기울기 보정의 문제점

이성환, 이동준[6]은 Hough 변환을 이용하여 문자내 수직획을 검출하고 이들의 기울기를 평균하여 문자열의 기울기를 추정하였다. 이 방법은 대각선획이 제한 범위내에 포함되어 수직획으로 검출된 경우와 문자들의 기울기가 일정하지 않은 경우를 해결하지 못하였다. 대부분의 영문 기울기 보정 방법들은 수직획을 검출하여 이들의 평균을 구하고, 평균값을 문자열의 기울기로 추정하여 보정하였다[1],[2],[3],[4],[5]. 한글은 주로 수직, 수평, 대각선 등의 직선들로 이루어지는데, 이중에서 기울기 보정에 필요한 수직획들만의 정확한 기울기 추정이 이루어져야 성공적인 보정을 기대할 수 있다. 기존 방법들의 문제점은 문자열의 수직획을 검출하는 과정에서 한글의 "ㄱ", "ㅅ", "ㅈ", "ㅊ" 등에 포함된 대각선획을 효과적으로 제외시키지 못해 이들에 의한 역보정이 발생하게 되어, 기울어지지 않은 문자열을 기울여 손상시키는 경우가 빈번하다.

그림 1은 기존 방법들에서 나타나는 역보정과 보정 실패의 예를 보여준다.



(a) 기울어지지 않은 문자열에서 역보정이 발생한 경우의 보정 전과 후



(b) 기울어진 문자열의 보정에 실패한 경우의 보정 전과 후

그림 1 기존 방법의 문제점

3. 제안하는 기울기 보정 방법

제안하는 기울기 보정 방법은 기존의 문제점중에서 대각선획으로 인해 발생하는 역보정을 해결하는데 중점을 두었다. 문자들의 기울어진 경향이 일정하지 않은 문자열은 문자나 단어 단위로 분리해서 보정하지 않는 한, 전체 문자열 단위의 기울기 보정에서는 기울어진 문자열을 보정할 수 없다.

3.1 직선획 추출

입력 문자열 영상에 대해 세선화를 수행하고, 체인코드를 이용하여 직선획을 추출한다. 1단계에서는 과분할을 하여 각 문

자에서 획을 추출하고, 2단계에서는 과분할된 획들의 위치 및 기울기를 고려하여 연결 가능한 획들을 연결한다. 3단계에서는 최종적으로 추출된 획들의 기울기와 길이를 구한다. 획의 기울기는 x축을 0° 로 시작하여 반시계 방향으로 증가하며, 수직획이 90° 가 되도록 하였다.

3.2 추출된 획들의 분포

추출된 획들의 길이와 기울기를 이용하여 다음과 같은 과정을 통해 기울기 분포를 구하였다.

1) 추출된 획들에서 같은 기울기를 가지는 획들의 길이를 합한다.
2) 기울기를 5° 씩 증가시키면서 현재 기울기에서 -2° 에서 +2° 의 범위 안에 있는 각 기울기의 도수를 합하여 현재 기울기의 새로운 도수로 한다.

1)의 과정은 길이가 긴 획이 짧은 획보다 정확한 기울기 정보를 줄 수 있으므로 이를 반영하기 위해 수행한다. 2)과정에서 bin size를 5° 로 하여 비슷한 기울기를 가지는 획들을 모아줌으로써 1° 단위로 분포를 구했을 경우, 이웃 기울기의 도수간 심한 변화로 인한 기울기 추정의 어려움을 방지하였다. 그림 2는 지금까지의 과정을 통해 그림 1의 (a) 문자열에 대한 기울기 분포를 도시한 것이다.

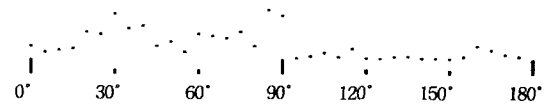


그림 2 기울기 분포

3.3 기울기 분포의 해석

그림 2의 분포를 관찰하면 30° , 60° , 90° 근처의 기울기에 대한 도수가 주위의 다른 기울기보다 높은 것을 볼 수 있다. 30° 근처에서 보이는 높은 도수는 입력 문자열에 존재하는 수평획의 기울기로 그림 1의 (a)의 문자열에서 수평획들이 x축에 대해 실제로 30° 정도의 기울기를 가진 것을 확인할 수 있다. 60° 근처의 높은 도수는 대각선획들의 기울기로 실제 측정된 기울기와 거의 같다. 마지막으로 90° 근처에서 보이는 높은 도수는 수직획들에 의한 것이다. 다소 차이는 있지만, 지금까지의 과정을 통해 입력 문자열의 기울기 분포를 구하면 그림 2의 분포와 비슷한 양상을 나타내며, 다른 기울기보다 높은 도수를 가지고 봉우리를 형성하는 기울기를 찾을 수 있다.

3.4 기울기 분포로부터 기울기 추정

기존 방법과 같이 그림 2의 분포의 60° 에서 120° 사이의 기울기를 가지는 획들의 평균을 구하여 문자열의 기울기를 추정하면 대각선획이 포함되므로 역보정을 피할 수 없다. 제안하는 방법은 직선획들의 평균을 구하지 않고 다음의 방법을 통해 기울기 분포로부터 수직획들의 기울기를 추정한다.

1) 대상 범위를 60° 에서 120° 로 제한한다.
2) 현재 기울기와 이웃 기울기들의 관계를 이용하여 획들의 분포에서 봉우리를 형성하는 기울기의 도수를 구하고, 이들을 수직획을 나타내는 기울기 후보로 한다. 모든 기울기의 평균 도수를 구해 임계값으로 적용하여, 임계값 이하의 도수를 가지는 기울기는 후보에서 제외한다.
3) 후보로 구해진 기울기의 도수에 90° 로부터 떨어진 거리를 식 1과 같은 가중치로 적용하여 곱하고, 후보 기울기의 새로운 도수를 구한다. 새로 구한 도수중에서 최대값을 가지는 후보 기울기를 찾아 수직획의 기울기로 정하고, 이 기울기를 문자열 전체의 기울기로 추정한다.

$$\text{가중치} = 30 - |90 - \text{후보기울기}| \qquad (1)$$

다음의 가정을 식 (1) 가중치 적용의 타당성의 근거로 한다.

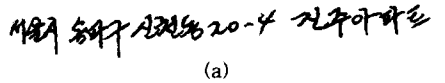
가정 1 : 범위내에서 구해진 후보 기울기 중에서 수직획을 나타내는 기울기가 대각선획을 나타내는 기울기보다 90° 에 더 가깝다.

가정 2 : 범위내에서 수직획을 나타내는 기울기의 도수가 항상 최대값을 갖지는 않는다.

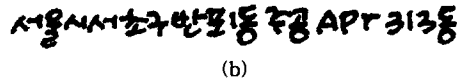
가정 2와 같은 문제가 있기 때문에 단순히 가중치를 적용하기 전의 후보 기울기 중에서 최대도수를 갖는 기울기를 문자열 전체의 기울기로 추정 할 수 없다. 가정 1은 한글에서 대각선획보다 수직획이 더 큰 기울기를 가지므로 타당하다. 식 (1)의 가중치를 적용하여 대각선획과 수직획에 의한 후보의 도수가 비슷할 경우 90° 에 가까운 후보를 기울기로 추정함으로써 가정 1을 만족시킬 수 있다. 기울어진 문자열의 경우 실제 수직획을 나타내는 기울기의 도수가 90° 가 가진 도수보다 매우 클 것이기 때문에 이의 가중치가 90° 보다 작아도 검출이 가능하다. 가정들과 식 1의 가중치를 적용함으로써 분포로부터 정확하게 수직획의 기울기를 추정할 수 있으며, 추정된 기울기는 대각선획을 포함하지 않으므로 역보정을 일으키지 않는다.

3.5 기울기 보정

기울기 보정은 [1]의 방법을 사용하였다. 그림 3은 제안하는 방법을 적용하여 그림 1의 문자열을 보정한 결과이다.



(a)



(b)

그림 3 그림 1의 문자열을 제안하는 방법으로 보정한 결과

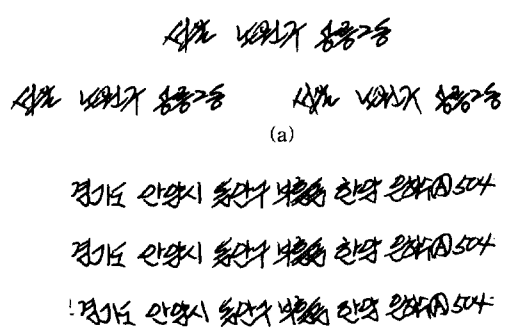
4. 실험 및 결과

임의의 필기자들에 의해 필기된 우편봉투 주소문자열 500개를 대상으로 제안한 기울기 보정 방법을 적용하여 실험하였다. 기울기 보정에서 중요한 점은 기울어진 문자열은 수직에 가깝도록 세우고, 기울어지지 않은 문자열은 원래의 것을 그대로 유지하는 것이기 때문에, 실험에 사용된 문자열은 특별히 기울어진 것과 기울어지지 않은 것을 구분하지 않았다. 기울기 보정 결과의 객관적인 평가 기준을 찾기 어려워, 기존 방법의 보정 결과와 비교하였다. 표 1은 실험 결과의 통계이다. 보정되지 않은 경우는 기울어진 문자열에 대해 기울기 보정이 이루어지지 않은 경우이고, 역보정은 기울어지지 않은 문자열을 기울인 경우와 기울어진 문자열을 반대 방향으로 기울인 경우를 합한 것이다. 이 두 경우를 보정 실패로 판단했다.

표 1 제안하는 방법과 기존 방법의 보정률 비교

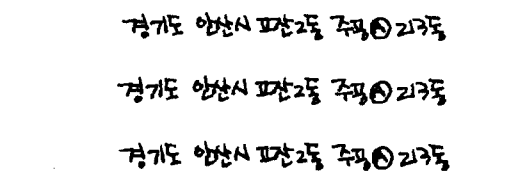
구분	제안하는 방법	기존 방법
보정되지 않음	17개	21개
역보정	12개	55개
보정 실패	29개	76개
보정률	94%	85%

그림 4는 실험결과 보정에 성공한 예를 보여준다. 첫 번째는 원래 문자열, 두 번째는 제안하는 방법, 세 번째는 기존 방법으로 보정한 결과이다.



(a)

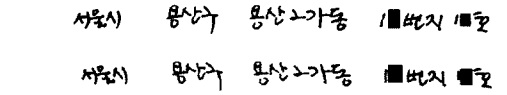
(b)



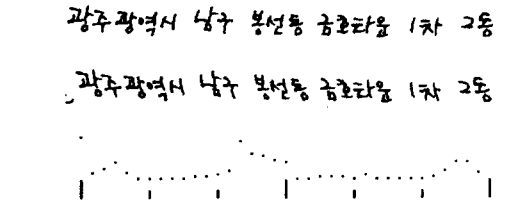
(c)

그림 4 보정에 성공한 경우

그림 5는 제안하는 방법을 적용했을 때 보정에 실패한 경우의 예로 보정 전의 문자열과 보정 후의 문자열을 보여준다.



(a)



(b)

그림 5 보정에 실패한 경우

(a)문자열의 보정 실패의 원인으로는 '서울시'의 수직획들의 모양이 휘면서 두 가지 기울기의 획으로 나누어진 것과, 번지부의 숫자와 '번지'의 수직획의 기울기가 이전의 문자들과 다른 것을 들 수 있다. 결과적으로 문자들의 기울기가 일정하지 않아 보정에 실패하였다. (b)문자열은 기울기 분포에서 볼 수 있듯이, 수직획을 나타내는 봉우리가 생성될 것으로 예상되는 기울기에서의 도수는 높으나, 이웃 기울기와의 관계에서 봉우리 검출 조건을 만족하지 못하여 수직획을 나타내는 봉우리 검출에 실패한 경우이다.

실험 결과 제안하는 방법이 기존 방법과 보정되지 않은 경우의 수는 비슷하나, 역보정으로 인한 보정 실패를 크게 줄임으로써 기존 방법보다 높은 보정률을 얻을 수 있었다.

5. 결 론

본 논문에서는 한글 문자열에 대한 새로운 기울기 보정 방법을 제안하였다. 기존의 기울기 보정 방법은 영문위주의 방법으로 한글의 구조적인 특징을 제대로 반영하지 못했으며, 대각선획에 의한 역보정으로 문자열을 손상시키는 경우가 많았다. 제안하는 방법은 역보정의 원인이 되는 한글의 대각선획들을 기울기 보정에서 효과적으로 제외시킴으로써 역보정을 막을 수 있었으며, 기울기 분포로부터 수직획의 기울기를 검출하여 전체 문자열의 기울기를 보정함으로써 기존 방법보다 좋은 보정 결과를 얻을 수 있었다. 실험결과 제안하는 방법이 기존 방법에 비해 역보정을 크게 줄임으로써, 전체 보정 실패률을 낮추어 우수성이 입증되었다.

참고 문헌

[1] R. M. Bozinovic and S. N. Srihari, "Off-line cursive script word recognition," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 11, No. 1, Jan. 1989, pp.68-83.

[2] A. Vinciarelli and J. Luettin, "A new normalization technique for cursive handwritten words," IDIAP Research Report 00-32, Oct. 2000.

[3] A. Vinciarelli, "A survey on off-line cursive script recognition," IDIAP Research Report 00-43.

[4] Andrew W. Senior, "An off-line cursive handwriting recognition system," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, No. 3, Mar. 1998, pp.309-321.

[5] G. Kim and V. Govindaraju, "A lexicon driven approach to handwritten word recognition for real time applications," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, No. 4, Apr. 1997, pp.366-379.

[6] 이성환, 이동준, "Hough 변환을 이용한 오프라인 필기 한글 문자열의 기울기 추정 및 교정," 한국정보과학회 추계 학술발표논문집, 제 20권 제 2호, 서울, 1993년 10월, pp. 1187-1190.