

# 한글필기체의 구조적 특징을 이용한 효율적 기울기 보정

(An Efficient Slant Correction for Handwritten Hangul  
Strings using Structural Properties)

유 대 근 <sup>†</sup>    김 경 환 <sup>\*\*</sup>  
(Daekeun You)    (Gyeonghwan Kim)

**요약** 본 논문에서는 한글의 구조적 특징이 반영된 획들의 통계적인 분포에 근거한 필기 문자열의 기울기 보정 방법을 제안한다. 기존의 기울기 보정 방법들은 대부분 영문위주의 보정 방법으로, 영문과 달리 2차원적 구조를 갖는 한글에 적용하는데는 많은 문제가 있다. 일반적인 보정 방법을 적용할 경우 한글에 내재하는 강한 대각선획의 영향으로 인한 역보정의 문제가 가장 많이 나타나며, 기울어진 문자열을 제대로 보정하지 못하는 경우도 빈번하다. 제안하는 방법에서는 추출된 획들의 기울기 분포를 K-평균 군집법을 적용하여 수직획과 대각선획의 두 개의 군집으로 분류하고, 가우시안 분포로의 모델링을 통해 대각선획을 제외하고 수직획만을 이용하여 기울기 보정을 수행하였다. 임의의 필기자에 의해 필기된 우편봉투 주소 문자열 1,300개에 대해 제안하는 방법과 기존의 방법들을 적용하여 실험한 결과 제안하는 방법이 기존방법들에 비해 역보정률을 크게 낮추고, 기울어진 문자열에 대해 완벽한 보정 성능을 보여 그 우수성이 입증되었다.

**국문 키워드** : 필기 문자열 처리, 한글 영상 해석, 기울기 보정, K-평균 군집법, 가우시안 모델링

**Abstract** A slant correction method for handwritten Korean strings based on analysis of stroke distribution, which effectively reflects structural properties of Korean characters, is presented in this paper. The method aims to deal with typical problems which have been frequently observed in slant correction of handwritten Korean strings with conventional approaches developed for English/European languages. Extracted strokes from a line of text image are classified into two clusters by applying the K-means clustering. Gaussian modeling is applied to each of the clusters and the slant angle is estimated from the model which represents the vertical strokes. Experimental results support the effectiveness of the proposed method. For the performance comparison 1,300 handwritten address string images were used, and the results show that the proposed method has more superior performance than other conventional approaches.

**key word** : Handwritten string processing, Hangul image analysis, Slant correction, K-means clustering, Gaussian modeling

## 1. 서론

지금까지 필기 한글 문자열의 처리 및 인식에 관한 연구는 문자 분할과 인식에 집중되어 왔다. 분할기반 인식

시스템에서 문자 분할은 문자열의 인식에 선행되는 중요한 연구이며, 분할에 실패할 경우 성공적인 인식 결과를 기대하기 어렵다. 한글 필기 문자열에서 문자 분할을 어렵게 만드는 요인으로는 한글 특유의 2차원적 글자 구성에 따른 구조적 복잡성과 필기 과정에서 발생하는 문자 간 접촉이나 교차, 문자열의 기울어짐 등을 들 수 있다. 여러 가지 요인들 중에서 문자열의 기울어짐은 문자간 접촉을 증가시켜 분할을 어렵게 하며, 분할에 성공하더라도 문자열의 기울어짐으로 인해 분할된 문자들이 왜곡됨으로써 인식 과정을 어렵게 만드는 원인이 된다.

<sup>†</sup> 비회원 : 서강대학교 전자공학과  
kbl75@sogang.ac.kr

<sup>\*\*</sup> 종신회원 : 서강대학교 전자공학과 교수  
gkim@ccs.sogang.ac.kr

논문접수 : 2002년 4월 30일

심사완료 : 2002년 11월 18일

이러한 기울기 보정의 필요성에도 불구하고, 지금까지 진행된 한글 인식과 관련된 연구 주제 가운데 필기 문자열의 기울기 보정에 관한 구체적인 연구는 매우 미미하다. 영문의 기울기 보정에 관한 연구는 많았으나, 영문과 구조가 근본적으로 다른 한글에 영문의 기울기 보정 방법을 적용하는 데는 많은 문제가 있으며, 오히려 잘못된 보정으로 문자열을 손상시키는 경우가 빈번하다.

기존에 제안된 영문[1, 2, 3, 4, 5] 및 한글[6]의 기울기 보정에 관한 연구는 Bozinovic과 Srihari의 방법[1]에 기초를 두고 있다. 이들은 문자열로부터 직선획을 추출하는 방법에서만 차이를 보일 뿐 기울기를 추정하는 방법은 모두 추출된 획들의 기울기의 평균을 구하는 방법을 사용했다. 영문 필기 문자열의 경우 그림 1(a)에서 볼 수 있듯이 곡선 성분의 획들이 많으며, 비슷한 기울기를 가지는 직선획들이 반복적으로 나타나기 때문에 기존 방법을 적용하여 성공적인 보정이 가능하다. 반면, 한글 필기 문자열의 경우 그림 1(b)에서처럼 수평, 수직, 대각선 성분이 고루 분포하며, 영문에 비해 그 구조가 복잡하다. 기존의 방법들과 같이 추출된 획들의 기울기의 평균을 구할 경우 한글의 “ㄱ”, “ㅅ”, “ㅈ”, “ㅊ” 등에 존재하는 강한 대각선 성분이 다수 포함될 수 있으며, 이로 인해 정확한 기울기 추정이 이루어질 수 없어 잘못된 보정 결과를 초래하게 된다.

*Cleveland Memorial Drive*

(a) 영문 필기 문자열

**경남 창원시 사과정동 대동아파트**

(b) 한글 필기 문자열

그림 1 영문과 한글 필기 문자열의 예

김경환, 윤정석[7]은 한글의 구조적인 특징에 기반한 기울기 보정 방법을 제안하였다. 한글에 존재하는 강한 대각선 성분의 영향으로 인한 기존 방법들의 문제점을 제기하고, 직선획의 통계적인 분포에 근거한 방법을 제안하였다. Run-length code를 이용해 구해진 각 구간들의 단순 평균 기울기와 분산을 정의한 확률 밀도 함수에 대입하고, 구해진 확률 밀도 함수를 기울기에 대한 가중치로 적용하였다. 가중치가 적용된 획들의 평균을 전체 문자열의 기울기로 추정하는 방법을 통해 대각선 획의 영향을 최소화하려 했다. 이런 방법을 통해 기존 방법에서 나타났던 역보정의 문제를 일부 해결하였으나,

가중치를 적용하는 방법만으로는 대각선 성분을 완전하게 제거할 수 없었으며, 기울어진 문자열을 완벽하게 보정하지 못하는 경우도 많았다.

본 논문에서는 기존 기울기 보정 방법들에서 나타나는 역보정의 문제를 해결하고, 기울어진 문자열에 대해 개선된 보정 성능을 나타내는 새로운 기울기 보정 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 한글의 구조적인 특징을 반영하며, 필기자의 필기 습관에 제약을 받지 않고 문자열로부터 능동적으로 기울기를 추정하고 보정한다. 입력 문자열 영상에 대해 세선화를 수행하고, 세선화된 문자열로부터 체인코드를 사용하여 직선획을 추출한다. 추출된 직선획들의 분포에 대해 K-평균 군집법을 적용하여 수직획과 대각선획의 두 개의 군집으로 분류하고, 각각의 군집을 가우시안 분포로 모델링한다. 두 개의 모델중에서 수직획 모델의 평균으로 전체 문자열의 기울기를 보정함으로써 기존 방법들에서 대각선획의 영향으로 인해 나타나는 보정 실패의 문제를 해결하였다.

본론으로 들어가기 전에 본 논문에서 주로 사용되는 용어인 한글에 존재하는 3가지 기본유형의 획을 지칭하는 “대각선획”, “수직획”, “수평획”에 대해 정의한다. 표 1에 열거된 “ㅅ”, “ㅈ”, “ㅊ” 등의 자음에 주로 존재하는 대각선 성분의 획은 대각선획, “ㄱ”, “ㄴ”, “ㄷ”, “ㄹ”, “ㄺ” 등의 모음에 주로 존재하는 수직 성분의 획은 수직획, 마지막으로 “ㅁ”, “ㅂ”, “ㄸ”, “ㄹ” 등의 자음과 “ㅡ”, “ㄴ”, “ㅠ” 등의 모음에 주로 존재하는 수평 성분의 획은 수평획으로 정의한다. 또한, 이 획들은 문자열 내에서 실제적으로 기울어진 정도에 관계없이 항상 같은 유형으로 분류된다.

표 1 한글의 자모

자	ㄱ ㄴ ㄷ ㄹ ㅁ ㅂ ㅅ ㅈ ㅊ ㅋ ㆁ ㆁ ㆁ
음	ㅏ ㅑ ㅓ ㅕ ㅗ ㅛ ㅜ ㅠ ㅡ ㅗ ㅛ ㅜ ㅠ ㅡ
모	ㅏ ㅑ ㅓ ㅕ ㅗ ㅛ ㅜ ㅠ ㅡ
음	ㅏ ㅑ ㅓ ㅕ ㅗ ㅛ ㅜ ㅠ ㅡ

획의 기울어진 정도를 나타내는 기울기 값은 양의 x 축을 시작으로 반시계 방향으로 증가하며, 0°에서 180°까지를 나타내도록 하였다. 예를 들어, 이상적인 수직획의 기울기는 90°가 되며, 왼쪽으로 기울어진 경우는 90°보다 큰 기울기를 갖게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 한글에 대해 기존 기울기 보정 방법을 적용할 때 나타나는 문제점과 원인을 살펴보고, 3장에서는 직선획 추출 방법 및

제안하는 기울기 보정 방법을 설명한다. 4장에서는 제안하는 방법과 기존의 방법들을 적용한 실험 결과를 보이고, 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

서울특별시 송파구 상전동

서울특별시 송파구 상전동

(a) 역보정의 예

서울시 은평구 신사2동

서울시 은평구 신사2동

(b) 보정하지 못한 예

그림 2 기존 보정 방법의 문제점(위 : 원래 문자열, 아래 : 기존방법의 보정결과)

## 2. 기존 기울기 보정 방법의 문제점

기존 방법들에서 나타나는 문제점으로 크게 두 가지를 들 수 있다. 하나는 기울어지지 않은 문자열을 기울여 손상시키는 역보정의 문제와 다른 하나는 기울어진 문자열을 보정하지 못하는 문제이다. 그림 2(a)는 기존 방법에서 나타나는 역보정의 문제를 보여준다. 역보정의 주된 원인은 다음과 같이 설명될 수 있다. 기울어지지 않은 문자열에서는 수직획이 90°에 가까운 기울기를 가지고 필기되며, 추출된 직선획에는 다수의 대각선획이 포함될 수 있다. 그러므로, 추출된 획들의 평균을 구하면 이러한 대각선획들의 영향으로 90°로부터 벗어난 값이 구해지며, 이로 인해 정확한 기울기 추정 및 보정이 이루어질 수 없다.

그림 2(b)는 또 다른 문제인 기울어진 문자열을 보정하지 못한 경우를 보여준다. 그림 2(b)의 문자열처럼 전체적으로 왼쪽으로 기울어진 문자열의 경우, 보통 90°보다 큰 기울기를 가지고 필기되는 수직획과 90°보다 작은 기울기를 가지고 필기되는 대각선획이 존재하며, 이들의 평균을 구할 경우 두 획들의 중간 정도인 90°에 가까운 기울기를 얻게 된다. 기울기 보정은 90°로부터 떨어진 값만큼 이루어지므로, 이 경우 기울어진 문자열이 완벽하게 보정되지 않는다. 그림 2에서 보인 문제들은 기존 방법에서 가장 빈번하게 나타나는 문제들이며, 이들은 모두 한글에 존재하는 강한 대각선획들이

기울기 보정에 영향을 미침으로써 발생된다.

## 3. 제안하는 기울기 보정 방법

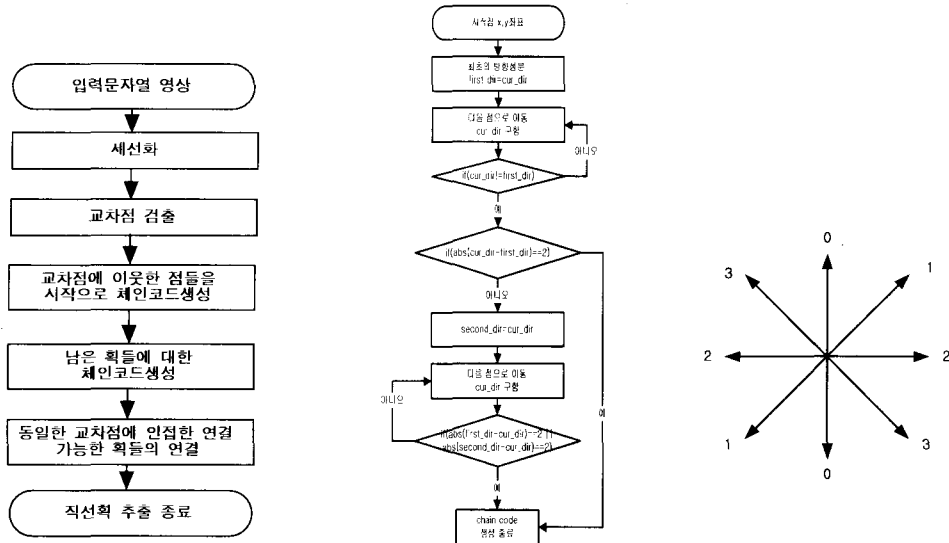
제안하는 기울기 보정 방법은 기존 보정 방법을 한글에 적용할 경우 나타나는 문제점들을 다음과 같은 과정들을 통해 해결하였다. 다음의 각 과정들에서 설명을 위해 보일 예시들은 그림 2의 원래 문자열들에 대해 수행된 결과들이다.

### 3.1 직선획 추출

그림 3(a)는 기울기 추정 및 보정에 필요한 직선획들을 추출하는 전체적인 과정의 순서도를 보여준다. 입력 문자열 영상에 대해 세선화[8]를 수행하고, 8방향 체인코드[9]를 이용하여 직선획을 추출한다. 세선화로 인해 획들에 왜곡이 발생하는 경우도 있으나, 이러한 왜곡이 기울기 추정 및 보정에는 심각한 영향을 미치지 않는다.

한글은 주로 직선 성분들로 이루어져 있으며 이들 직선 성분들이 접촉, 교차되는 경우가 많다. 특히, 그림 4(a)의 세선화된 영상에서 관찰할 수 있듯이 3개의 직선 성분이 교차되는 경우가 가장 빈번하다. 본 논문에서는 이러한 특징을 이용하여 3개의 직선 성분이 교차되는 교차점을 중심으로 직선획을 추출한다. 먼저 세선화된 문자열 영상에서 교차점을 검출하고, 이들 교차점에 이웃하는 3개의 점들을 각각 체인코드의 시작점으로 한다. 체인코드의 시작점으로부터 끝점까지의 방향 성분들로 구성된 직선 성분을 추출하고, 이러한 직선 성분들을 세그먼트라 정의한다. 교차점을 중심으로 체인코드를 생성하는 것은 두 가지의 장점을 가지고 있다. 하나는 교차점을 체인코드 생성 과정에서 제외시킴으로써 교차점에 도달했을 경우 다음 이동 위치를 결정하는 알고리즘이 필요치 않아 체인코드 생성 알고리즘의 복잡도를 줄일 수 있다. 다른 하나는 교차점을 중심으로 각각의 자소를 구성하는 획들을 한 개 이상의 세그먼트로 과분할하고, 이후에 동일한 교차점에 인접한 세그먼트들 사이의 기울기를 고려하여 연결 가능한 세그먼트들을 연결시킴으로써 의미있는 획 추출이 가능하다.

본 논문에서는 일반적으로 사용되는 8방향 체인코드를 변형하여 그림 3(c)와 같은 방향성분을 갖도록 한다. 하나의 직선획을 구성하는 점들 사이에는 비슷한 방향 성분들이 연속적으로 나타나므로 체인코드 생성 과정에서 이전에 검출된 방향성분들과 차이가 2가 되는 성분이 검출되면 현재 세그먼트의 체인코드 생성을 종료한다. 그림 3(c)의 방향성분에서 확인되듯이 차이가 2가 되는 방향성분들 사이에는 90°의 차이가 나기 때문에 이러한 점들을 시작으로 현재 세그먼트와 큰 기울기 차



(a) 직선획 추출 알고리즘 순서도 (b) 체인코드 생성 알고리즘 순서도 (c) 체인코드 방향

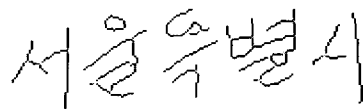
그림 3 직선획 추출 알고리즘 및 체인코드 방향성분

이를 가지는 세그먼트의 출현을 예상할 수 있다. 방향성분의 급변점을 시작으로 다시 체인코드를 생성하고, 두 번째 검출된 세그먼트와 첫 번째 검출된 세그먼트의 기울기 차이가 임계값보다 작아 한 개의 세그먼트로 연결이 가능한 경우는 두 개의 세그먼트를 연결시킨다. 임계값보다 큰 경우는 첫 번째 세그먼트를 하나의 직선획으로 완성하고, 두 번째 세그먼트를 시작으로 동일한 과정을 반복해 나간다. 이러한 과정을 통해 방향 성분의 급변점이 일시적인 잡음일 경우 획이 끊어지는 것을 방지할 수 있으며, 각 문자로부터 효과적인 직선획 추출을 기대할 수 있다. 그림 3(b)는 지금까지 설명된 체인코드 생성 알고리즘의 순서도를 보여준다.

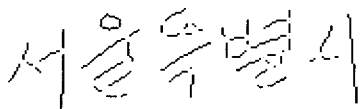
교차점을 중심으로 획들을 추출한 후, 교차점을 포함

하지 않는 획들로부터 직선획을 추출한다. 교차점을 포함하지 않는 획들에 대한 세그먼트의 생성 및 직선획 추출의 기본 알고리즘은 교차점을 포함하는 경우와 같다. 즉, 시작점으로부터 체인코드를 생성하여 세그먼트를 추출하고, 인접 세그먼트와의 기울기 차이와 임계값과의 비교를 통해 두 개의 세그먼트의 연결 여부를 결정하고 직선획을 추출한다.

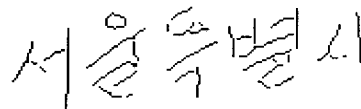
그림 4는 그림 2(a)의 문자열의 일부분에 직선획 추출 알고리즘을 적용하여 얻은 결과들을 보여준다. 그림 4(a)는 세션화된 문자열에서 검출된 교차점들을 보여주며, 그림 4(b)는 교차점을 중심으로 문자의 각 획들이 여러 개의 세그먼트들로 과분할된 결과를 보여준다. 그림 4(c)는 과분할된 세그먼트들을 연결하여 최종적으로



(a) 교차점 검출 결과



(b) 과분할 결과



(c) 최종 직선획 추출 결과

그림 4 직선획 추출 알고리즘의 적용 결과

추출된 직선획들을 보여준다.

추출된 직선획들 중에서 기울기 보정에 사용한 획들의 기울기의 범위를 45°에서 135°로 제한하였다. 이는 실제 영상에서 추출된 수직획과 대각선획의 기울기 분포를 관찰하여 설정되었으며, 범위의 제한을 통해 알고리즘의 복잡도를 줄이고 불필요한 계산량을 감소시키는 효과를 얻을 수 있다. 기울기 범위의 제한과 함께 획의 길이에 대한 제한도 두었다. 상대적으로 길이가 작은 문자열의 정확한 기울기 정보를 줄 수 없는 획들이 기울기 추정에 미칠 수 있는 위치 않는 영향을 제거하기 위하여 제한 범위내에서 추출된 획의 상위 50%의 길이를 가지는 획만을 다시 추출하였다. 그림 5(a)는 그림 2의 원래 문자열에서 추출된 직선획들의 분포를 보여준다.

일반적으로 길이가 긴 획이 짧은 획에 비해 더 많은 기울기 정보를 가지고 있으므로 기울기 보정 과정에서 획의 길이에 대한 적절한 반영이 이루어져야 한다. 본문에서는 추출된 획들의 실제 길이에 대해 식 (1)의 방법을 적용하여 가중치를 부여하였다.

$$\begin{aligned} & \text{가중치가 부여된 획길이} \\ & = \text{실제 획길이} \times \left[ \frac{\text{실제 획길이}}{\text{평균 획길이}} \right] \end{aligned} \quad (1)$$

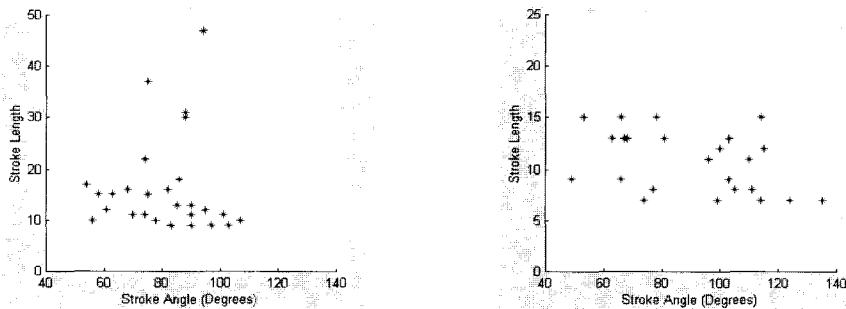
그림 5(b)는 추출된 직선획들에 대해 가중치가 적용된 결과이다.

### 3.2 K-평균 군집법(K-Means Clustering)

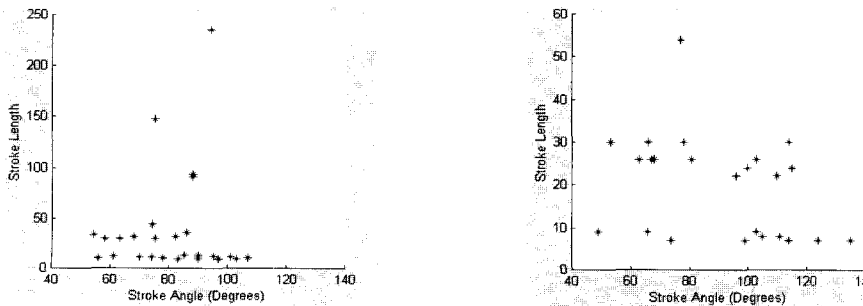
한글은 구조적으로 수직획, 수평획, 대각선획이 뚜렷하게 구분되며, 필기자에 따라 차이는 있지만 한번에 필기된 문자열 전체에서 이들 획들은 각각 같은 유형의 획들끼리는 비슷한 기울기를 가진다. 이러한 구조적인 특징으로 획들은 기울기 분포에서 각각 하나의 군집을 형성할 수 있으며, 직선획 추출 과정에서 획들의 기울기를 45°에서 135°로 제한했기 때문에 추출된 획들은 수직획과 대각선획의 두 개 군집으로 분류될 수 있다.

K-평균 군집법은 각 개체를 K개 군집의 중심점 중에서 개체와 가장 가까운 중심점에 할당하는 방법으로 패턴 분류에서 많이 쓰이는 기법이다[10]. 제안하는 방법은 추출된 직선획들을 두 개의 군집으로 분리하기 위해 K-평균 군집법을 사용한다. K-평균 군집법을 적용하기 전에 이전까지의 과정에서 추출된 획들의 평균  $\mu$ 와 분산  $\sigma^2$ 을 구한다. 구해진  $\mu$ 와  $\sigma$ 를 이용하여 기울기가  $\mu + 2\sigma$ 의 밖에 존재하는 획들은 극단값(outlier)으로 간주하고 제거한 후 남은 획들의 기울기에 대한 1차원 K-평균 군집법을 수행한다. 두 개 군집의 초기 중심점  $\mu_1$ 과  $\mu_2$ 는 각각  $\mu - \sigma$ ,  $\mu + \sigma$ 로 한다. 그림 5(c)는 그림 5(b)의 분포에 K-평균 군집법을 수행한 후 획들이 두 개의 군집으로 분류된 결과를 군집화 전의 분포에 반영하여 알기 쉽게 도시한 결과를 보여준다. 그림에서 '\*'는 대각선획, 'o'는 수직획의 군집을 나타낸다.

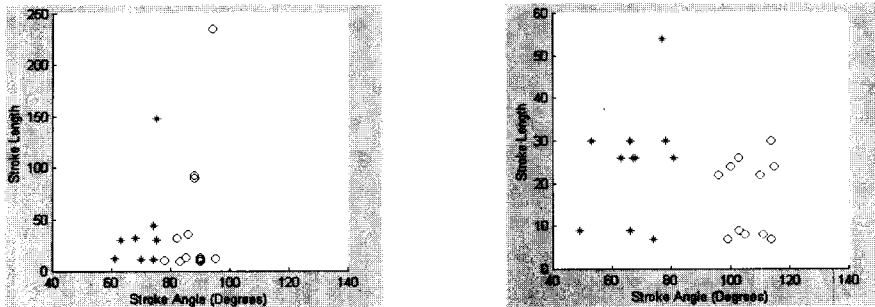
군집화를 통해 얻어진 두 개의 군집은 상대적으로 길이가 긴 수직획과 대각선획의 기울기를 중심으로 약간



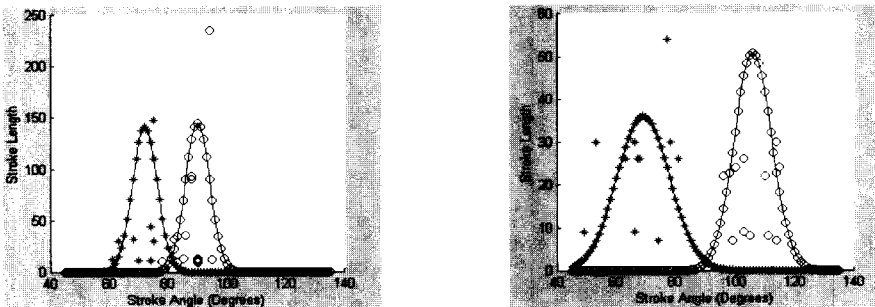
(a) 추출된 직선획 분포



(b) (a)의 직선획에 가중치가 적용된 획 분포



(c) (b)의 분포에 대한 군집화 결과



( $\mu_d=72, \sigma_d=4.3, \mu_v=90, \sigma_v=3.9, \theta=90$ )

( $\mu_d=69, \sigma_d=9.0, \mu_v=106, \sigma_v=6.4, \theta=106$ )

(d) 가우시안 모델링 결과

그림 5 그림 2의 문자열에 대한 기울기 추정 과정에서 얻어진 기울기 분포 및 모델링 결과

(왼쪽 : 역보정 문제 , 오른쪽 : 보정되지 않은 문제)

의 편차를 가지는 획들이 주위에 분포하는 양상을 나타낸다. 본 논문에서는 이러한 군집의 특징을 반영하기 위하여 각각의 군집을 평균과 분산을 파라미터로 가지는 가우시안 분포로 모델링하였으며, 그림 5(d)는 추출된 획들의 분포를 두 개의 가우시안 분포로 모델링한 결과를 보여준다. 그림 5에서  $\mu_d, \sigma_d, \mu_v, \sigma_v$ 는 각각 대각선획 모델과 수직획 모델의 평균과 분산을 나타내며,  $\theta$ 는 모델링의 결과로부터 구해진 문자열의 기울기를 나타낸다.

### 3.3 문자열의 기울기 추정 및 보정

K-평균 군집법과 가우시안 모델링을 통해 얻어진 모델들로부터 대각선획과 수직획의 기울기를 구할 수 있다. 필기 한글 문자열들의 관찰 결과 자음 “ㅅ”, “ㅈ”, “ㅊ” 등에 존재하는 두 개의 대각선획 중에서 왼쪽의 대각선획이 일반적으로 더 길게 필기되며, 오른쪽의 대각선획은 모음과의 접촉으로 인해 짧게 끊어져 작은 가중치가 부여되어 기울기 추정에 큰 영향을 미치지 못하거나, 출현 빈도가 적어 극단값으로 간주되어 제거되는

서울특별시 동파구 삼전동

서울시 은평구 신사2동

서울특별시 동파구 삼전동

서울시 은평구 신사2동

서울특별시 동파구 삼전동

서울시 은평구 신사2동

(a) 역보정의 문제 해결

(b) 보정되지 않은 문제 해결

그림 6 그림 2의 문제점들을 제안하는 방법이 해결한 결과

(위 : 원래 문자열, 가운데 : 기존 방법, 아래 : 제안하는 방법)

경우가 빈번하다. 따라서, 문자열로부터 추출된 획들에서 일반적으로 수직획이 대각선획보다 큰 기울기를 가진다고 가정할 수 있으며, 두 개의 모델중에서 큰 평균 값을 가지는 모델을 수직획의 모델로 간주할 수 있다. 수직획 모델의 평균을 전체 문자열의 기울기로 추정하고, shear변환을 적용하여 문자열의 기울기를 보정한다. Shear변환은 식 (2)와 같으며,  $\theta$ 는 구해진 문자열의 기울기이다.

$$\begin{aligned} x' &= x + y \tan(\theta - 90) \\ y' &= y \end{aligned} \tag{2}$$

그림 6은 그림 2에서 보인 기존 방법들에서 나타나는 문제점을 제안하는 방법으로 해결한 결과를 보여준다.

#### 4. 실험 결과 및 오류 원인 분석

##### 4.1 실험 결과

임의의 필기자에 의해 필기된 1,300개의 주소 문자열에 대해 제안하는 방법과 기존 방법들을 적용하여 기울기 보정을 수행한 후 그 결과를 확인하였다. 실험에 사용된 주소 문자열들은 평균적으로 한글 12자, 숫자 5자를 포함하였다. 기울기 보정의 성공과 실패를 판단하는 객관적인 기준을 찾기 어려워 원래의 문자열과 제안하는 방법, 기존 방법들 각각을 적용하여 보정한 결과를 동시에 관찰하여 성공과 실패를 판단하였다. 판단 과정에서 문자열의 보정 결과 역보정으로 인해 기울어지지 않은 문자열을 기울인 경우와 기울어진 문자열을 보정하지 못한 경우에 대해서 보정 실패로 판단하였고, 그 외의 경우에 대해서는 보정에 성공한 것으로 판단하였다. 표 2는 기울기 보정 실험 결과를 보여준다.

성능 비교에 사용된 기존방법1은 영문의 기울기 보정 방법으로 P. Slavik, V. Govindaraju에 의해 제안된 방법[5]이며, 기존방법2는 한글의 기울기 보정 방법으로 김경환, 윤정석에 의해 제안된 방법[7]이다.

실험 결과를 통해 제안하는 방법이 기존 방법들에 비해 더 좋은 성능을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 특히, 기존 방법에서의 문자열 손상의 주된 원인이었던 역보정률을 크게 낮춤으로써 전체적인 보정 성공률을 최고 10% 이상 향상시켰으며, 보정되지 않은 경우는 0%로 기울어진 문자열에 대해 완벽하게 보정을 수행하는 것을 알 수 있다. 실험 결과에서 영문의 보정 방법인 기존방법1보다 한글의 구조적 특징을 반영한 기존방법2가 더 나은 성능을 보임으로써, 필기 한글 문자열의 기울기 보정에서 구조적 특징의 반영이 반드시 필요함을 확인할 수 있었다. 그러나, 기존방법2에서도 일부 역보정의

문제가 나타났으며, 기울어진 문자열에 대해 완벽한 보정을 수행하지 못했다. 이는 대각선획을 기울기 보정에서 효과적으로 제외시키지 못했음을 의미하며, 제안하는 방법은 이런 문제점들을 모두 해결한 것을 알 수 있다.

표 2 실험 결과 보정 성공률 비교

	기존 방법 1 (%)	기존 방법 2 (%)	제안하는 방법 (%)
역보정	12.3	7.5	3.5
보정되지 않음	2.8	2.5	0
보정 실패	15.1	10.0	3.5
보정 성공률	84.9	90.0	96.5

표 3 제안하는 방법의 역보정 원인 분석

역보정 원인	비율 (%)
숫자 영향	37.8
구부러진 수직획	35.6
군집화 오류 및 기타	26.6

##### 4.2 제안하는 방법의 보정 실패 원인 분석

###### 4.2.1 숫자의 영향으로 인한 역보정

제안하는 방법에서 발생한 역보정의 원인을 분석한 결과가 표 3에 나타나 있다. 역보정의 원인으로 가장 많은 비율을 나타낸 것 중에서 하나는 문자열 내에 포함된 숫자들의 영향이다. 실험에 사용된 주소 문자열들에는 평균 5자의 숫자가 포함되어 있었으며, 문자열에 존재하는 숫자들 중에서 특히 길게 기울여 필기된 숫자들에 의해 역보정이 되는 경우가 많았다. 그림 7은 숫자에 의한 역보정의 예를 보여준다. 그림 7(a)의 문자열을 보면 숫자 '1', '9' 등에 한글에서 추출되는 획들에 비해 상대적으로 길이가 긴 획들이 나타나는 것을 확인할 수 있으며, 그림 7(b)의 숫자열이 제거된 문자열의 보정 결과로부터 역보정의 주된 원인이 기울여 필기된 숫자열에 있음을 확인할 수 있다. 숫자에 의한 역보정이 일어나지 않는 문자열의 경우는 숫자의 수가 한글의 수에 비해 상대적으로 적은 경우, 숫자들이 기울여 필기되지 않은 경우, 숫자로부터 추출된 획들의 길이가 한글에서 추출된 획들의 길이에 비해 상대적으로 작은 경우 등이며, 이런 이유로 90%에 가까운 문자열이 숫자를 포함함에도 불구하고 대부분의 문자열들이 성공적으로 보정될 수 있었다.

4.2.2 구부러진 수직획에 의한 역보정

필기자의 필기 습관에 의해 수직획의 시작 부분이나 중간이 구부러진 경우 기울기 보정에 실패하였다. 이는 세선화를 하고 체인 코드를 통해 기울기를 구할 때 추출된 획의 시작점과 끝점만을 이용하여 획의 기울기를 구하는 방법에 원인이 있다. 한글에서 흔히 나타나는 획의 시작 부분이 약간 구부러져 필기된 문자열은 전체 1300개의 문자열중에서 7% 정도를 차지했다. 이들 중에서 대부분은 일부 수직획들에서만 구부러짐이 나타났으며, 구부러진 부분의 길이가 이들을 포함하는 수직획의 전체 길이에 비해 매우 작아 기울기 추정에는 큰 영향을 미치지 못했다. 반면, 그림 8(a)는 구부러진 수직획으로 인해 역보정이 일어난 문자열의 예로 대부분의 수직획들이 구부러져 필기되었으며, 구부러진 부분의 길이가 수직획의 길이의  $\frac{1}{3}$  정도를 차지함을 확인할 수 있다. 이로 인해 역보정이 일어났으며, 그림 8(a)의 구부러진 부분을 제거한 문자열에 대한 기울기 보정의 결과를 통해 역보정의 주된 원인이 이들 구부러진 수직획에 있음을 알 수 있다.

4.2.3 군집화 오류 및 기타의 보정 실패 원인

추출된 직선획 분포가 군집화 기법을 적용하기에 적합하지 않아 발생된 오류의 경우는 군집화 오류로 분류하였다. 군집화 오류는 군집화에 사용된 획들의 수가 너

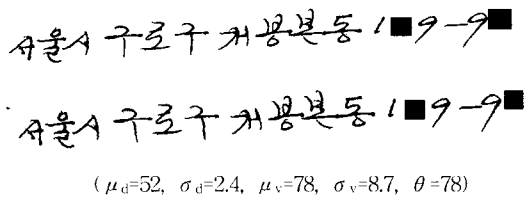
무 적은 경우에 주로 발생했으며, 이 경우 군집화된 결과와 이로부터 모델링한 결과가 수직획과 대각선획의 특징을 제대로 반영할 수 없게 되어 성공적인 보정 결과를 기대하기 어렵다. 그림 9(a)는 문자열로부터 추출된 획의 수가 다른 문자열에 비해 상대적으로 매우 적은 문자열에 대해 보정에 실패한 군집화 오류의 예를 보여준다.

그림 9(b)는 수직획과 대각선획이 비슷한 기울기를 가지고 필기된 문자열에 대해 보정에 실패한 예를 보여준다. 그림 9(b)의 세 번째 보정 결과는 한 개의 가우시안 분포로 모델링하여 보정한 결과로서 두 개의 가우시안 분포로 모델링한 결과보다 더 나은 것을 확인할 수 있다. 그림 9(b)의 기울기 분포에서 중간의 '+'로 표시된 분포는 한 개의 가우시안 분포로 모델링한 결과를 보여준다.

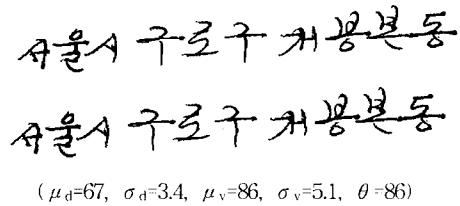
그림 9(c)는 수직획들의 기울기가 일정하지 않은 문자열에 대한 보정 결과를 보여준다. 문자열내의 수직획들의 기울기가 일정하지 않은 경우는 정확한 기울기 추정이 불가능하며, 일부 문자들에 대한 보정은 가능하나 전체 문자열에 대한 성공적인 보정은 기대할 수 없다.

5. 결론 및 추후 연구과제

본 논문에서는 한글의 구조적인 특징과 통계적 분포에 근거한 한글 문자열의 기울기 보정 방법을 제안하였

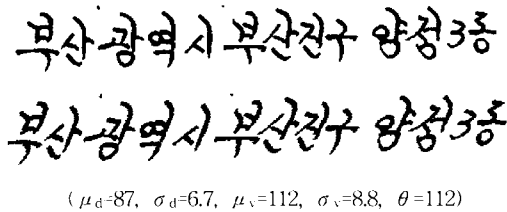


(a) 숫자열에 의한 역보정의 결과

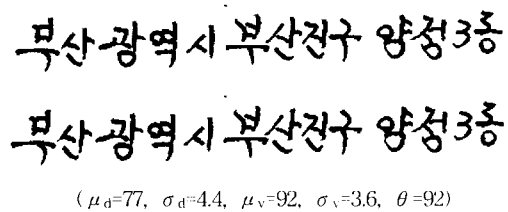


(b) 숫자열이 제거된 문자열의 보정결과

그림 7 숫자의 영향으로 인한 역보정의 예 (위 : 원래 문자열, 아래 : 보정결과)



(a) 구부러진 수직획에 의한 역보정



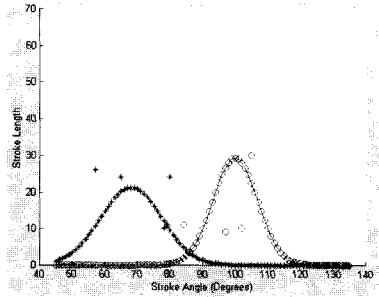
(b) 구부러진 수직획이 제거된 문자열에 대한 보정 결과

그림 8 구부러진 수직획에 의한 역보정의 예 (위 : 원래 문자열, 아래 : 보정결과)



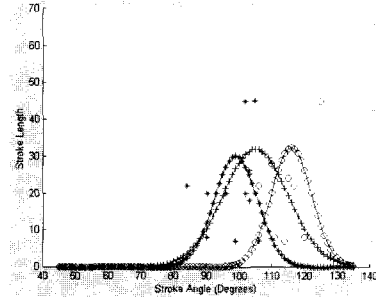
인천광역시 남동구  
인천광역시 남동구

경기도 평택시 안중면 성해리 1-1 ■ 변지  
경기도 평택시 안중면 성해리 1-1 ■ 변지  
경기도 평택시 안중면 성해리 1-1 ■ 변지



( $\mu_d=70, \sigma_d=10.1, \mu_v=103, \sigma_v=3.0, \theta=103$ )

(a) 추출된 획의 수가 적은 문자열에 대한 보정 실패의 예 (위: 보정전, 가운데: 보정후, 아래: 모델링 결과)



( $\mu_d=97, \sigma_d=6.7, \mu_v=113, \sigma_v=7.3, \theta=113$ )

(b) 수직획과 대각선획이 비슷한 기울기로 필기된 문자열에 대한 보정 실패의 예 (위로부터 보정전, 두 개의 가우시안으로 모델링한 보정 결과, 한 개의 가우시안으로 모델링한 보정 결과, 기울기 분포 순)

서울시 강동구 성내동 마주아파트

서울시 강동구 성내동 마주아파트

( $\mu_d=60, \sigma_d=6.4, \mu_v=80, \sigma_v=4.9, \theta=80$ )

(c) 수직획들의 기울기가 일정하지 않은 문자열에 대한 보정 실패의 예(왼쪽: 보정 전, 오른쪽: 보정 후)

그림 9 군집화 오류 및 기타의 기울기 보정 실패의 예

다. 기존의 제안된 방법들이 대부분 영문의 기울기 보정 방법으로 한글에 적용하는데는 많은 문제점이 있었으나, 지금까지 필기 한글의 처리 및 인식과 관련된 연구에서 구체적인 기울기 보정에 관한 연구는 거의 없었다.

제안하는 방법은 추출된 직선획들에 대해 K-평균 군집법의 적용과 가우시안 분포로의 모델링을 통해 수직획과 대각선획을 분리하고, 수직획의 기울기만을 이용하여 문자열을 보정하였다. 1,300개의 필기 주소 문자열에 대한 실험 결과를 통해 기존 방법들에 비해 제한하는 방법이 역보정률을 크게 줄이고, 기울어진 문자열에 대한 완벽한 보정을 수행함을 확인할 수 있었다.

추후 연구 과제는 제안하는 방법에서 역보정의 대부분을 차지했던 숫자열에 의한 문제와 문자열내의 문자들의 기울기가 일정하지 않은 경우를 해결하는 것이다. 문제의 해결 방법으로 문자열의 전체적인 분포와 문자열을 일정 단위로 분할하고, 분할된 단위에서 구해진 지

역적인 분포를 함께 고려하여 부분적인 보정이 가능하도록 하면 두 가지 문제를 모두 해결할 수 있을 것으로 본다. 군집화와 가우시안 모델링의 과정에서 추출된 획의 수와 분포의 평균과 분산에 대한 분석을 통해 보정 여부를 결정하거나, 가우시안 분포의 개수를 유동적으로 결정하여 모델링한다면, 획의 수가 적은 경우나 수직획과 대각선획이 비슷한 기울기를 가지고 필기된 문자열의 문제에 대해서도 성공적인 보정이 가능할 것이다.

참고 문헌

[1] R. M. Bozinovic and S. N. Srihari, "Off-line cursive script word recognition," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 11, no. 1, pp. 68-83, Jan. 1989.  
[2] A. Vinciarelli and J. Luetin, "A new normalization technique for cursive handwritten words," IJDIAP RR 00-32, Oct. 2000.

- [3] A. W. Senior, "An off-line cursive handwriting recognition system," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 20, no. 3, pp. 309-321, Mar. 1998.
- [4] G. Kim and V. Govindaraju, "Efficient Chain Code Based Image Manipulation for Handwritten Word Recognition," In *Proc. of the SPIE Symposium on Electronic Imaging Science and Technology (Document Recognition III)*, vol. 2660, pp. 262-272, Feb. 1996.
- [5] P. Slavik and V. Govindaraju, "An Overview of Run-length Encoding of Handwritten Word Images," *Technical Reports at Department of Computer Science and Engineering, SUNY Buffalo*, Aug. 2000.
- [6] 이성환, 이동준, "Hough 변환을 이용한 오프라인 필기 한글 문자열의 기울기 추정 및 교정," *한국정보과학회 추계 학술발표논문집*, 제 20권, 제 2호, pp. 1187-1190, 1993.
- [7] 김경환, 윤정석, "Run-length code를 이용한 제약없이 쓰여진 한글 필기체 주소열 분할," *한국정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용*, 제 28권, 제 11호, pp. 813-821, Nov. 2001.
- [8] T. Y. Zhang and C. Y. Suen, "A fast parallel algorithm for thinning digital patterns," *Comm. ACM*, vol. 27, no. 3, pp. 236-239, 1984.
- [9] H. Freeman, "Shape description via the use of critical points," *Pattern Recognition*, vol. 10, no. 3, pp. 159-166, 1978.
- [10] R. O. Duda, P. E. Hart and D. G. Stork, *Pattern Classification*, 2nd Ed., John Wiley & Sons (2nd Ed.), 2000.



유 대 근

2001 서강대학교 전자공학과(학사). 2001~현재 서강대학교 전자공학과 석사과정. 관심분야는 패턴인식 영상처리



김 경 환

1980년~1984년 서강대학교 전자공학과(학사). 1984년~1986년 서강대학교 대학원 전자공학과(석사). 1981년~1996년 State University of New York at Buffalo 전기 및 컴퓨터 공학과(박사). 1986년~1991년 금성전기(정밀) 기술연구소 선임연구원. 1993년~1997년 CEDAR/SUNY at Buffalo Research Scientist. 1997년~현재 서강대학교 전자공학과 부교수. 관심분야는 문자 및 문서영상 처리, 영상신호해석, 패턴인식, 신경회로망, Embedded System Design