

필기체 한글의 오프라인 인식을 위한 획 정합 방법

김기철, 이성환
충북대학교 전자계산학과

A Stroke Matching Method for the Off-line Recognition of Handprinted Hanguls

Ki-Cheol Kim and Seong-Whan Lee

Department of Computer Science, Chungbuk National University

요약

본 논문은 오프라인 필기체 한글 인식에 관한 연구로서, 입력 문자 영상에 대한 위치 정규화, 외곽선 추적 및 세선화의 전처리 과정을 거쳐 외곽선의 방향 성분 분포, 세선화한 결과의 방향 성분 분포, 구조적 특징점 분포 등의 특징을 추출한 다음, 획을 추출하여 획의 방향과 길이에 대한 중점 분포 특징으로 정합하는 필기 한글의 인식을 위한 획 정합 방법을 제안하였다.

인식 시간의 단축을 위해 먼저 외곽선의 방향 성분 분포를 이용하여 대분류하였으며, 한글 사용 빈도수 상위 520자로 구성되는 필기 데이터에 대한 실험 결과, 평균 91%의 인식률과 평균 0.46초의 문자당 인식 시간을 보임으로써 제안된 획 정합 방법이 입력 문자의 잡영이나 획의 기울기에 대한 변형을 효과적으로 흡수할 수 있음을 알 수 있었다.

1. 서론

현대 사회에서 발생하는 정보의 양은 급속히 증가하고 있는 반면, 수작업을 통한 컴퓨터와의 대화는 인력과 시간의 낭비를 초래하고 있어서 정보 입력의 자동화에 대한 필요성이 오래전부터 대두되고 있다. 한글 문자 인식에 대한 연구는 지난 20여년 동안 꾸준히 진행되었으나 대부분 온라인 필기체 한글 인식 또는 오프라인 인쇄체 한글 인식에 중점을 두고 있었기 때문에[김민석 92, 이관용90, 이승호88], 오프라인 필기체 한글 인식에 대한 연구는 아직도 미흡한 상태이며, 특히 필기체 한글 인식의 경우 입력 문자에 포함된 많은 잡영(Noise)과 왜곡 그리고 필체의 변형 등을 해결해야하는 어려움 때문에 아직 실용화 단계에는 이르지 못하고 있는 실정이다[김태균88, 이희건 92, 최병욱81, 하진영89].

오프라인 문자를 인식하는 방법은 크게 원형 정합 방법, 통계적인 방법, 구조적인 방법, 신경망을 이용한 방법, Hidden Markov Model을 이용한 방법, 동적 프로그래밍 정합을 이용한 방법 등으로 분류되어 진다.

구조적인 방법은 정해진 문법에 따라 음소를 인식한 다음 각 음소의 조합으로 문자를 인식하는 구문론적인 방법과 획을 추출하여 입력 문자의 획과 표준 패턴의 획과의 비교를 통해 거리를 계산함으로써 문자를 인식하는 획 정합 방법으로 나눌 수 있는데 본 논문에서는 필기체 한글의 오프라인 인식을 위한 획 정합 방법을 제안하였으며, 전체적인 시스템의 구성은 그림 1에 나타나 있다.

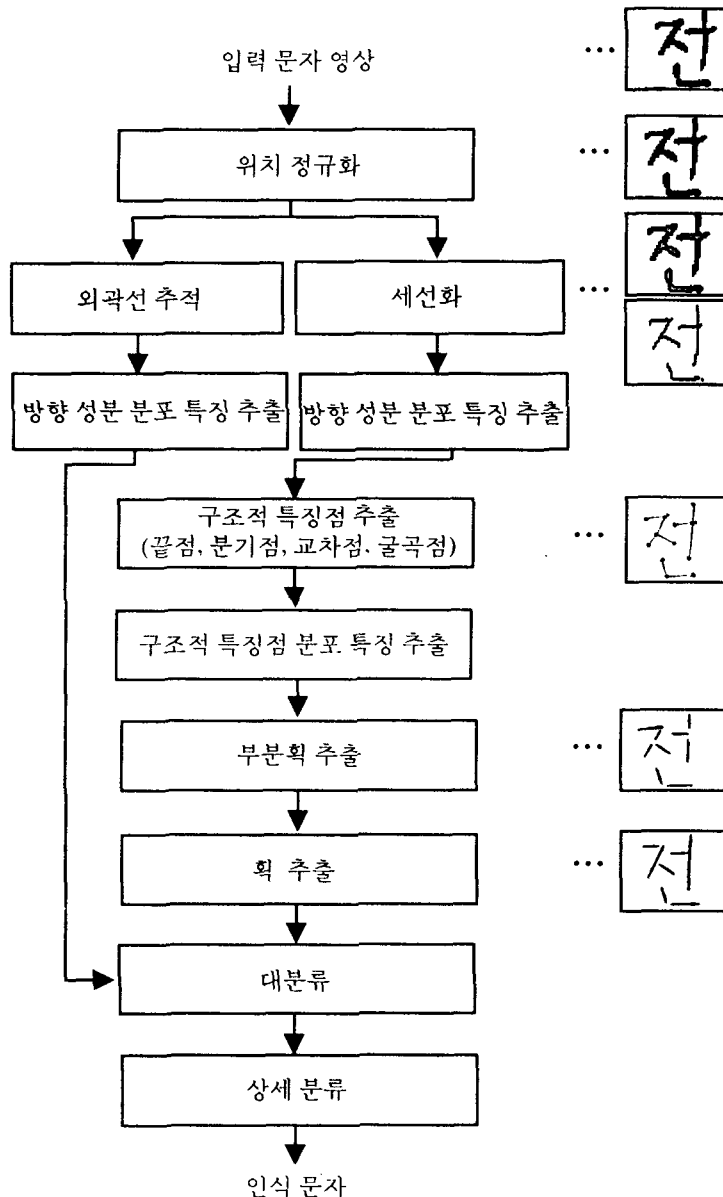


그림 1. 시스템 구성

II. 전처리

전처리 단계는 특징 추출과 획 추출을 용이하게 하기 위하여 입력 영상의 잡영과 중복성을 제거하는 단계로서, 본 논문에서는 위치 정규화, 외곽선 추적 및 세션화 과정으로 구성하였다.

2.1 위치 정규화

입력 문자 영상의 글자 부분이 중앙에 위치하지 않고 어느 한쪽으로 치우칠 수 있으므로 글자 부분을 중앙에 위치시켜 글자의 치우침에 무관하게 특징이 추출되도록 한다[박희선91].

2.2 외곽선의 방향 성분 특징 추출

그림 2(a)와 같이 외곽선을 따라가며 이웃하는 두 화소에 대해 네 방향(수평: H, 수직: V, 좌사: L, 우사: R)의 방향 성분을 추출한 다음, 입력 영상을 $N \times N$ 개의 부분 영역으로 나누어서 각 영역에 있는 수평, 수직, 좌사, 우사 방향 성분의 갯수를 계산하여 그림 2(b)와 같이 외곽선의 방향 성분 분포 특징을 추출하고 특징의 각 부분 영역 요소를 (정규화 면적 / 입력 문자 영상의 면적) 으로 정규화 한다. 그림 2의 예에서는 $(48 \times 48) / (49 \times 43) = 1.07$ 로 정규화되었다.

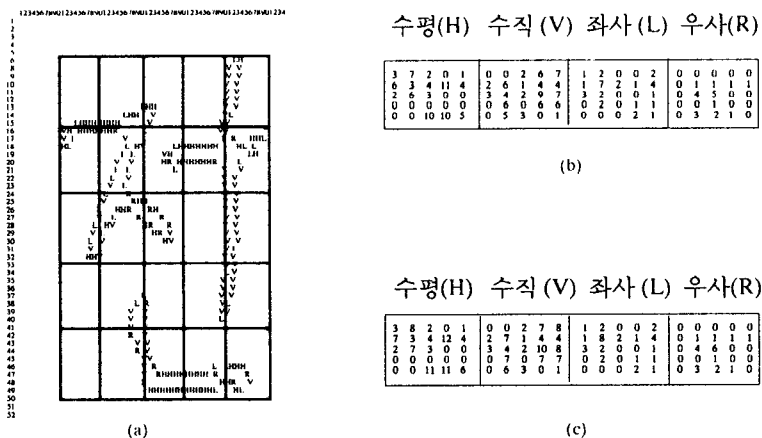


그림 2. '전'자에 대한 외곽선의 방향 성분 분포 특징 추출 예 (N = 5)

- (a) 외곽선의 방향 성분
- (b) 정규화 전의 방향 성분 분포 특징
- (c) 정규화 후의 방향 성분 분포 특징

2.3 세션화

입력 문자 영상은 많은 불필요한 화소를 포함하고 있는데 세션화 과정을 거침으로써 문자 인식 과정에 불필요한 화소는 제거하고 최소한의 필요한 화소만을 얻을 수 있음은 물론, 구조적인 특징 추출이 가능해진다[Lam92]. 본 논문에서는 Kwok의 세션화 알고리즘[Kwok88]을 사용하였는데, Kwok의 알고리즘은 구현이 매우 복잡하다는 단점이 있는 반면에, 현존하는 세션화 알고리즘 가운데 처리속도가 가장 빠르고, 추출하는 골격선의 품질도 매우 우수한 것으로 알려져 있다[이성환91]. 본 연구에서는 세션화 과정 중에 외곽선의 방향 성분도 함께 추출하기 위하여 Kwok의 알고리즘을 수정하여 사용하였다. 세션화한 결과에 대해서도 외곽선의 방향 성분 분포 특징을 추출한 것과 같은 방법으로 네 방향의 방향 성분 분포 특징을 추출한다.

III. 특징 추출

3.1 구조적 특징점 추출

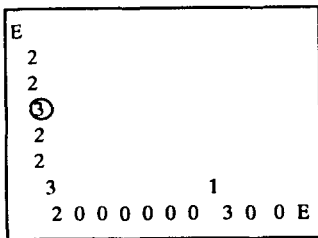
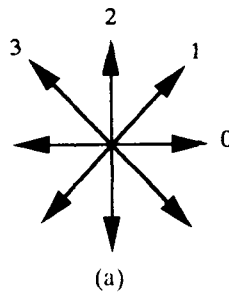
세션화된 문자 영상에서의 끝점(End point), 굴곡점(Inflection point), 분기점(Branch point), 교차점(Junction point)들은 문자 영상의 형태를 나타내는 중요한 구조적인 정보를 갖고 있으므로 [Kobay83], 이러한 특징점들을 추출하여 특징점 분포 특징을 추출하고 부분획 추출 단계에서 이용한다. 특징점은 어느 한 화소에 대한 주위 화소의 분기도를 나타내는 교차수(Crossing number)를 이용하여 추출한다. 화소 P에 대한 교차수, X_c 의 값은 식 (1)과 같이 정의된다[Ogawa82].

$$X_c = 1/2 \times \sum_{k=0}^7 |N(k+1) - N(k)| \quad (1)$$

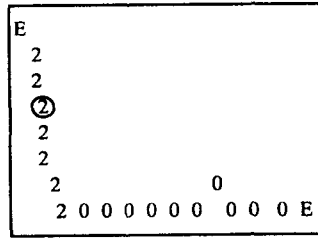
단, $N(k)$ 는 화소 P의 k-이웃, $N(8) = N(0)$

각 화소에 대한 교차수의 값은 고립점은 0, 끝점은 1, 굴곡점과 연결점은 2, 분기점은 3, 교차점은 4가 되는데, 굴곡점과 연결점은 교차수의 값이 2로서 서로 같기 때문에 교차수에 의해 구별할 수 없으므로 굴곡점은 다음과 같은 과정을 거쳐 추출한다.

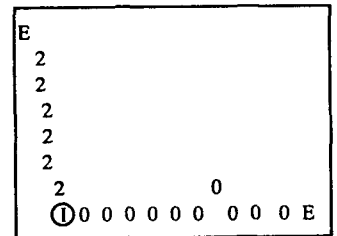
- 1) 두 특징점 사이의 거리(화소들의 갯수)가 임계치 T,보다 작을 경우 하나의 작은 직선 성분으로 간주하여 굴곡점을 추출하지 않는다.
- 2) 특징점 사이의 화소들에 대해 4 방향의 체인 코드(Chain code)를 생성한다. (그림 3(b))
- 3) 체인 코드의 한 화소를 기준으로 앞뒤로 이웃하는 몇 개의 화소들 사이에서 가장 많이 나타나는 방향으로 그 화소의 방향을 대치한다. 즉, 체인 코드에 대한 평활화를 수행한다. (그림 3(c))
- 4) 체인 코드를 따라가며 방향이 바뀌는 화소를 굴곡점으로 추출한다. (그림 3(d))



(b)



(c)



(d)

그림 3. '2'에 대한 굴곡점 추출 과정의예

(a) 체인 코드의 네 방향 (b) 추출된 체인 코드 (c) 평활화된 체인 코드 (d) 추출된 굴곡점

체인 코드에 대한 평활화 과정에서 화소의 방향이 유일하게 결정되지 않으면 앞뒤의 더 많은 화소들을 고려하여 화소의 방향을 결정하되 원래의 체인 코드는 유지하면서 처리한다. 그림 3(b)에서 원으로 표시된 3의 방향이 앞뒤로 각각 두 화소씩의 이웃에서 2의 방향이 가장 많이 나타나는 방향이므로 그림 3(c)와 같이 3의 방향을 2의 방향으로 대치한다.

3.2 구조적 특징점 분포 특징 추출

추출한 구조적 특징점을 이용하여 그 분포를 특징으로 추출하는 단계로서 특징점을 추출한 영상을 $N \times N$ 개의 부분 영역으로 나누어서 각 영역에 있는 특징점의 갯수를 끝점(E), 분기점(B), 굴곡점과 분기점(B+I) 그리고 모든 특징점(E+B+I+J)에 대해 특징점 분포를 계산한다. 네 종류의 특징점 분포를 택한 이유는 특징점들의 여러 조합 중에서 가장 안정적이기 때문이다.

3.3 부분획 추출

이 단계는 획 추출을 위한 준비 단계로 부분획은 두 특징점 사이를 연결하는 선분으로 정의한다. 구조적 특징점을 추출한 영상을 스캐닝하면서 특징점을 찾은 다음, 그 특징점에 연결된 이웃 화소들을 추적하다가 다른 특징점이 발견되면 두 특징점 사이의 획을 하나의 부분획으로 정하고 특징점의 종류에 따라 특징점의 위치를 스택에 저장하면서 특징점으로 이루어진 모든 부분획을 추출한다. 'ㅇ'이나 'ㅁ'의 경우 특징점이 없을 수도 있으므로 영상을 다시 스캔하면서 특징점이 없이 이루어진 부분획을 추출한다. 그런데, 세선화를 하면 불필요한 잡영이 생길 수 있기 때문에, 추출한 부분획의 길이가 임계치 T_2 보다 작고 추출한 부분획의 한쪽 끝점의 특징점이 분기점(B)이나 교차점(J)이고, 다른 한쪽의 특징점이 끝점(E)이면 세선화 과정에서 생긴 잡영으로 간주하여 그 부분획은 추출하지 않는다. 그러나 하나의 작은 획으로 간주되는 부분획은 제거하지 말아야 한다.

3.4 획 추출

이 단계는 추출된 부분획이 하나의 특징점에서 서로 연결되었을 경우, 조건을 검사하여 하나의 획으로 연결시키는 과정으로, 부분획이 서로 연결된 특징점의 종류에 따라 다음과 같은 세 가지의 경우를 고려하여 두 부분획을 하나의 획으로 연결한다.

- 1) 두 부분획이 굴곡점에서 만날 경우: 두 부분획이 이루는 각 θ_{11} 이 임계치 T_3 보다 클 경우 두 부분획을 하나의 획으로 연결한다. (그림 4(a))
- 2) 세 부분획이 분기점에서 만날 경우: 세 부분획이 서로 이루는 각 중에서 가장 큰 각 즉, $\text{Max}(\theta_{B1}, \theta_{B2}, \theta_{B3})$ 가 임계치 T_4 보다 클 경우 가장 큰 각을 이루는 두 부분획을 하나의 획으로 연결한다. (그림 4(b))
- 3) 네 부분획이 교차점에서 만날 경우: 네 부분획이 서로 이루는 각 중에서 가장 큰 각과 두번째로 큰 각이 임계치 T_5 보다 클 경우 그 각을 이루는 두 부분획을 하나의 획으로 연결한다. (그림 4(c))

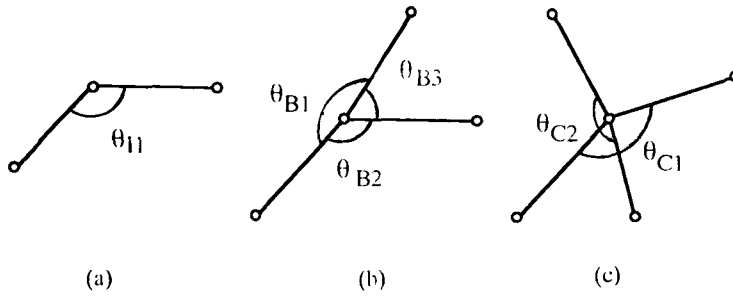


그림 4. 부분획이 만나는 특징점에 따른 획 연결
 (a) 굴곡점 (b) 분기점 (c) 교차점

3.5 획의 중점 분포 특징 추출

추출한 획의 양 끝점의 위치에 의해 획의 방향과 길이 그리고 획의 중점을 구한다. 획의 방향은 그림 5의 방향각에 따라 수평, 수직, 좌사, 우사 획으로 나누며 획의 길이는 일정한 길이로 정규화하여 장, 중, 단으로 나눈다. 획의 중점 분포 특징은 획의 방향과 길이에 따라 7개의 $M \times M$ 평면, 즉 네 개의 방향 평면과 세 개의 길이 평면에 획의 중점 위치를 각각 떨어뜨림으로써 추출한다.

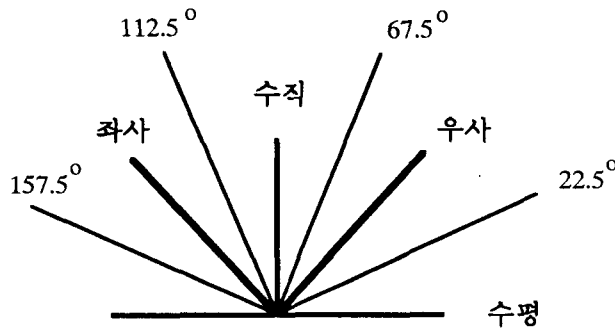


그림 5. 방향각에 따른 획의 방향 형태

IV. 표준 패턴 구축

외곽선의 방향 성분 분포와 세션화한 결과의 방향 성분 분포 그리고 구조적 특징점 분포 특징은 여러 세트에 대해 평균을 구하여 각각 $4 \times N \times N$ 차원으로 구성된 표준 패턴을 구축하였으며, 획의 중점 분포 특징은 각 평면에서 각 획의 중점이 분포한 누적 갯수를 구하여 $7 \times M \times M$ 차원으로 구성된 표준 패턴을 구축하였다. 그림 6은 획의 중점 분포 특징에 대한 표준 패턴 구축의 예이다.

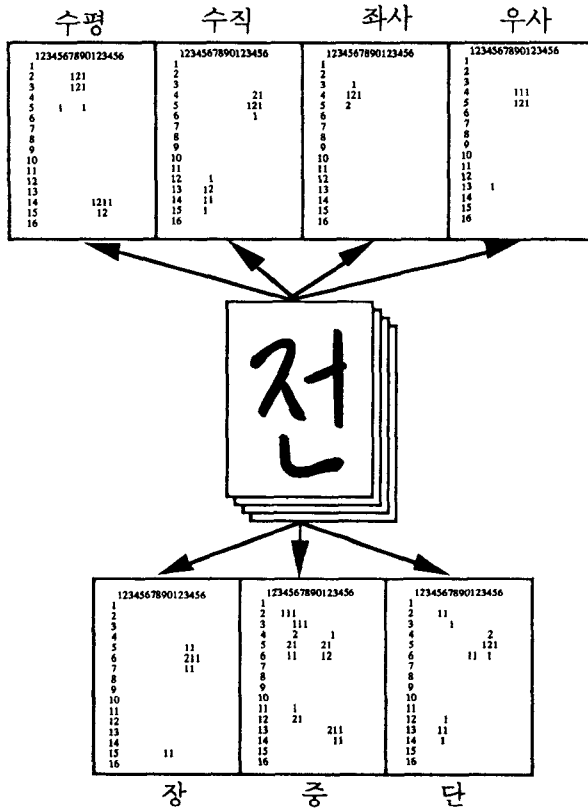


그림 6. 획의 중점 분포 특징에 대한 표준 패턴 구축 예

V. 분류

인식 시간의 단축을 위하여 모든 문자에 대해 비교적 안정적인 특징인 외곽선의 방향 성분 분포 특징을 이용하여 대분류한 다음, 대분류 단계에서 분류된 소수의 후보 문자만을 대상으로 세선화한 결과의 방향 성분 분포, 구조적 특징점 분포 그리고 획의 중점 분포 특징을 사용하여 상세 분류하였다. 외곽선의 방향 성분 분포 특징의 유사도는 식 (2)에 의해 구하며, 세선화한 결과의 방향 성분 분포 특징의 유사도와 특징점 분포 특징의 유사도는 식 (2)와 동일한 방법으로 계산한다.

$$S_d^C = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N |D_i^I(j, k) - D_i^M(j, k)|}{C_d} \quad (2)$$

i : 수평, 수직, 좌사, 우사

N : 입력 문자의 영역 분할 인수

D^I : 입력 패턴의 외곽선 방향 성분 분포 특징

D^M : 표준 패턴의 외곽선 방향 성분 분포 특징

C_d : $0 \leq S_d^C \leq 1$ 로 하는 상수

획의 중점 분포 특징의 유사도는 획 방향의 중점 분포 유사도를 나타내는 식 (3)과 획 길이의 중점 분포 유사도를 나타내는 식 (4)에 가중치를 곱하여 더한 식 (5)에 의해 계산하며, 모든 특징을 고려한 입력 문자의 특징과 표준 패턴의 특징간의 유사도는 식 (6)에 의해 구한다.

$$S_d^S = P(N, N_c) \times \sum_{i=1}^N \text{Max}(\text{Win}^D_i) / N \quad (3)$$

$$S_l^S = P(N, N_g) \times \sum_{i=1}^N \text{Max}(\text{Win}^L_i) / N \quad (4)$$

$P()$: 입력 문자의 획수와 표준 패턴의 획수 차이에 따른 벌점 함수

N : 입력 문자의 획수

N_c : 표준 패턴의 획수

Win^D_i : i 번째 입력 획의 중점 위치 (x_i, y_i) 에 대한 방향 표준 패턴에서의 $K \times K$ 윈도우

Win^L_i : i 번째 입력 획의 중점 위치 (x_i, y_i) 에 대한 길이 표준 패턴에서의 $K \times K$ 윈도우

$$S^S = S_d^S \times W_d^S + S_l^S \times W_l^S \quad (5)$$

$$S = S_d^C \times W_d^C + S_l^T \times W_l^T + S_{fp} \times W_{fp} + S^S \times W^S \quad (6)$$

S_d^C : 세션화한 결과의 방향 성분 분포 특징의 유사도

S_{fp} : 구조적 특징점 분포 특징의 유사도

$W_d^S, W_l^S, W_d^C, W_l^T, W_{fp}, W^S$: 가중치

VI. 실험 및 결과 분석

실험 환경은 IBM PC 486(33MHz) 상에서 Turbo-C 언어로 구현하였으며, Microtek MSF-300C 영상 스캐너를 통해 가로 7mm와 세로 8mm의 사각형에 쓰여진 문자를 200 DPI로 입력하여 실험하였다. 실험 대상 문자는 한글 기계화 연구소에서 조사한 한글 사용 빈도수[한글75] 상위 520자이며, 10인이 10번씩 필기한 데이터 중에서 5인의 데이터는 표준 패턴을 만드는데 사용하였고 나머지 5인의 데이터는 인식 실험에 사용하였다.

실험 결과, 평균 91%의 인식률을 나타냈으며, 문자당 인식 시간은 평균 0.46초를 나타냈다. 본 논문에서는 외곽선의 방향 성분 분포 특징의 영역 분할 인수 N 을 3과 5 각각에 대해 실험하였으며, 획의 중점 분포에 대한 평면 크기 M 은 16으로, 획의 중점 위치에 대한 표준 패턴에서의 윈도우 K 는 3으로 실험하였다. 실험 결과는 그림 7과 8에 나타나 있으며, 그림 9는 하나의 문자를 처리하는데 필요한 각 단계별 평균 처리 시간을 나타낸다.

만족할 만한 인식률을 얻지 못한 이유는 한글의 특성으로 인해 발생하는 유사한 문자 사이의 구별이 어려웠기 때문이며 특히, 'ㅍ'의 수평획이나 '의'와 '익'자에서의 수직획 등에 나타날 수 있는 필체나 잡영으로 인한 획의 접촉과 분리에 대한 해결이 어려웠기 때문이다. 또한, 충분한 데이터에 대해 표준 패턴을 만들지 못한 것도 그 이유 중의 하나이다.

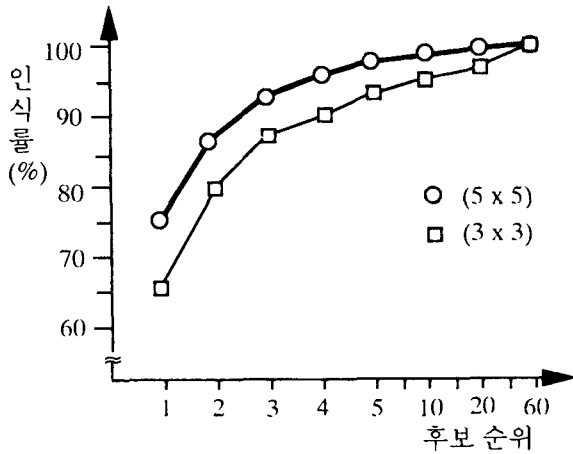
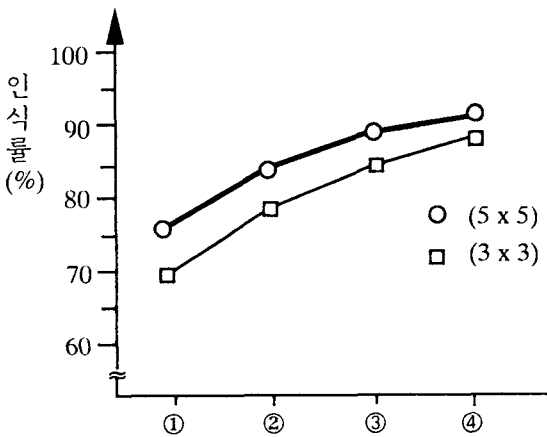


그림 7. 외곽선의 방향 성분 분포 특징만을 고려한 대분류 단계의 누적 인식률



- ① 외곽선의 방향 성분 + 구조적 특징점 분포
- ② 외곽선의 방향 성분 + 세선화 결과 방향 성분 분포
- ③ 외곽선의 방향 성분 + 획의 중점 분포
- ④ 외곽선의 방향 성분 + 구조적 특징점 + 세선화 결과 방향 성분 + 획의 중점 분포

그림 8. 다양한 특징을 조합할 경우의 인식률

처리 단계	처리 시간
전처리	0.01초
세선화 및 외곽선 추적	0.11초
특징 추출	0.01초
획 추출	0.02초
대분류	0.22초
상세 분류	0.09초
합계	0.46초

그림 9. 문자당 평균 처리 시간

VII. 결론

본 논문에서는 입력 문자 영상에 대한 위치 정규화, 외곽선 추적 및 세선화의 전처리 과정을 거쳐 외곽선의 방향 성분 분포, 세선화한 결과의 방향 성분 분포, 구조적 특징점 분포 등의 특징을 추출한 다음, 획을 추출하여 획의 방향과 길이에 대한 중점 분포 특징으로 정합하는 필기체 한글의 오프라인 인식을 위한 획 정합 방법을 제안하였다.

인식 시간의 단축을 위하여 외곽선의 방향 성분 분포 특징으로 대분류하고, 나머지 모든 특징들로 상세 분류하여 실험한 결과, 한글 사용 빈도수 상위 520자를 10인이 5번씩 필기한 데이터에 대해 평균 91%의 인식률과 문자당 평균 0.46초의 인식 시간을 보였다.

제안된 획 정합 방법은 문자 단위로 인식하기 때문에 인식 시간이 많이 걸린다는 단점이 있지만, 적은 잡영을 부분획 추출시에 제거함으로써 올바른 획 추출이 가능하였으며 또한, 획의 기울기가 22.5° 범위를 벗어나지 않는 한 획의 방향에 대한 중점 특징을 올바르게 추출할 수 있는 특성이 인식에 많은 효과가 있음을 알았다.

앞으로의 연구 방향은 획의 연결과 분리에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이며, 더 높은 인식률을 얻기 위한 후처리 기법이 필요하다. 또한, 표준 패턴의 구축과 인식 실험의 공정한 평가를 위해 국가적인 차원에서의 필기 데이터베이스 구축이 시급한 것으로 생각된다.

감사의 말씀

본 연구는 한국통신 소프트웨어연구소의 위탁연구비(한국형 펜 컴퓨터 개발을 위한 온라인 필기 인식 기술의 기초 연구: 1991.9 ~ 1991. 11)의 부분적인 지원을 받았음을 밝히며, 필기 데이터 작성을 도와준 충북대학교 전자계산학과 학부 및 대학원 생들에게 감사드린다.

참고 문헌

- [Kobay83] K. Kobayasi, F. Yoda, K. Yamamoto and H. Nambu, "Recognition of Handprinted Kanji Characters by the Stroke Matching Method," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 1, No. 5, 6, July 1983, pp. 481-488.
- [Kwok88] P. C. K. Kwok, "A Thinning Algorithm by Contour Generation," *Communication of the ACM*, Vol. 31, No. 11, Nov. 1988, pp. 1314-1324.
- [Lam92] L. Lam, S.-W. Lee and C. Y. Suen, "Thinning Methodologies - A Comprehensive Survey," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 14, No. 9, Sep. 1992, pp. 869-885.
- [Ogawa82] H. Ogawa and K. Taniguchi, "Thinning and Stroke Segmentation for Handwritten Chinese Character Recognition," *Pattern Recognition*, Vol. 15, No. 4, 1982, pp. 299-308.
- [김민석92] 김 민석, 손 한웅, 최 완수, 김 수원, "자소 추출 방법을 이용한 고속 한글 인식 시스템의 구현," *대한 전자공학회 논문지*, 제 29권 B편 제 6호, 1992년 7월, pp. 25-31.
- [김태균88] 김 태균, T. Agui and M. Nakajima, "Stroke 조합에 의한 필기체 한글의 표현과 인식," *대한 전자공학회 논문지*, 제 25권 제 1호, 1988년 1월, pp. 18-26.
- [박희선91] 박 희선, 이 성환, "고리 투영을 이용한 위치, 크기 및 회전 변형에 무관한 패턴 인식," *한국 정보과학회 춘계 학술발표회 논문집*, 제 18권 제 1호, 대구, 1991년 4월, pp. 115-118.
- [이관용90] 이 관용, 이 일병, "획 추출에 의한 한글 문서 인식 시스템의 설계 및 구현," *제 2회 한글 및 한국어정보처리 학술발표회 논문집*, 서울, 1990년 10월, pp. 200-207.
- [이성환91] 이 성환, "영상 골격화 알고리즘의 체계적인 성능 평가," *한국정보과학회 논문지*, 제

18권 제 6호, 1991년 11월, pp. 661-671.

- [이승호88] 이 승호, "구조적 한글 인식을 위한 자획 추출에 관한 연구," 한국과학기술원 전산학과 석사학위 논문, 1988년 2월.
- [이희건92] 이 희건, 방 승양, "Backpropagation 신경 회로망을 사용한 한글 필기체 오프라인 문자 인식," 한국 정보과학회 춘계 학술발표회 논문집, 제 19권 제 1호, 포항, 1992년 4월, pp. 681-684.
- [최병욱81] 최 병욱, T. Ichikawa and H. Fujita, "한글 인식에 있어서의 자소 추출," 전자공학회 논문지, 제 18권 제 2호, 1981년 4월, pp. 36-43.
- [하진영89] 하 진영, 김 진형, "학습 기능을 이용한 필기 한글 인식에 관한 연구," 한국 정보과학회 인공지능연구회 춘계 학술발표회 논문집, 1989년 6월, pp. 3-24.
- [한글75] 한글 기계화 연구소, 한글 기계화 연구, 1975.