

論文93-30B-6-9

필기체 한글의 오프라인 인식을 위한 획 정합 방법

(A Stroke Matching Method for the Off-line Recognition of Handprinted Hangul)

金基喆*, 金英埴**, 李晟瓌***†.

(Ki Cheol Kim, Young Sik Kim and Seong Whan Lee)

要約

본 논문에서는 입력 문자 영상이 선의 방향 성분 분포, 골격선의 방향을 이용하여 획의 방향과 길이에 대한 종합 방법을 제안하였다. 인식 시간: 0.46초의 문자당 인식 시간을 보임으로써 제안된 획 정합 방법이 입력 문자의 잡음이나 획의 기울기에 대한 변형을 효과적으로 흡수할 수 있음을 알 수 있었다.

다, 외곽선 추적 및 세선화의 전처리 과정을 거쳐 외곽선 특징점 분포 등의 특징을 추출한 다음, 획을 추출 정합하는 필기체 한글의 오프라인 인식을 위한 획 정합 방법을 제안하였다. 인식 시간: 0.46초의 문자당 인식 시간을 보임으로써 제안된 획 정합 방법이 입력 문자의 잡음이나 획의 기울기에 대한 변형을 효과적으로 흡수할 수 있음을 알 수 있었다.

Abstract

In this paper, we propose a stroke matching method for the off-line recognition of handprinted Hangul. In this method, the preprocessing steps such as position normalization, contour tracing and thinning are carried out first. Then, after extracting features such as the direction component distribution of contour, the direction component distribution of skeleton, and the distribution of structural feature points, strokes are extracted and matched based on the midpoint distribution of the direction and the length of each stroke. In order to reduce the recognition time, a preliminary classification based on the direction component distribution features of the contour is performed. In order to demonstrate the performance of the proposed method, experiments with 520 most frequently used Hangul were performed, and 90.7% of correct recognition rate and 0.46 second of recognition time per one character has been obtained. This results reveal that the proposed method can absorb effectively the noise in input character and the variations of stroke slant.

1. 서론

* 準會員, *** 正會員, 忠北大學校 컴퓨터科學科
(Dept. of Computer Science, Chungbuk Nat'l Univ.)

** 正會員, 朝鮮大學校 電氣工學科
(Dept. of Electrical Eng., Chosun Univ.)
接受日字: 1992年 10月 23日

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 인식에 대한 연구는 지난 20여년 동안 꾸준히

진행되었으나 대부분 인쇄체 한글 인식에 중점을 두고 연구되어 왔으며, 최근들어서는 펜 컴퓨터 개발 열기에 힘입어 필기체 한글의 온라인 인식에 관한 많은 연구가 이루어졌으나, 아직까지 실용화 단계에는 못미치고 있는 실정이다. 필기체에 획수, 획순, 각 획에 대한 필기 방향과 획 내에서의 필기 속도 등의 시간적 또는 공간적인 동적 정보를 얻을 수 있는 온라인 인식과는 달리, 오프라인 인식에서는 이러한 정보들을 찾기 힘들거나 또는 전혀 얻을 수 없으므로, 이러한 정보들을 찾기 위하여 스캐너를 통하여 얻어진 데이터에 대해 윤곽선을 추출하거나 골격선을 추출하는 등의 부가적인 불완전한 전처리 과정을 수행해야 하기 때문에, 일반적으로 필기체 한글의 오프라인 인식은 필기체 한글의 온라인 인식에 비하여 문제의 난이도가 훨씬 높다고 말할 수 있다. [1, 2]

본 논문에서는 입력 문자 영상에 대한 위치 정규화, 외곽선 추적 및 세선화의 전처리 과정을 거쳐 외곽선의 방향 성분 분포, 골격선의 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 제안하였으며, 제안된 방법에 기반을 둔 오프라인 필기체 한글 인식 시스템의 구조는 그림 1 과 같다.

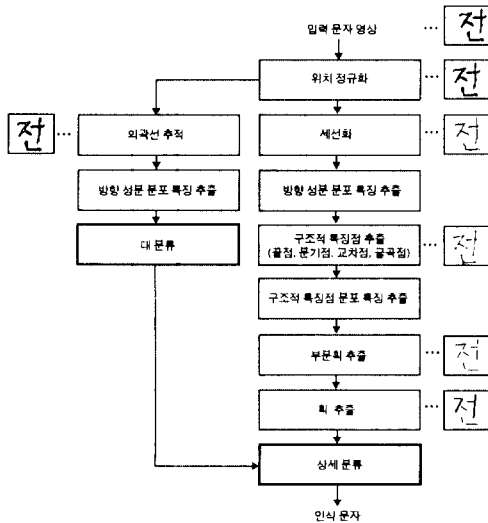


그림 1. 제안된 방법에 기반을 둔 오프라인 필기체 한글 인식 시스템의 구조

Fig. 1. The structure of the off-line recognition system for handprinted Hangeul based on the proposed method.

본 논문에서 제안된 방법은 문자를 구성하는 획을 추출할 때 문자의 미세한 잡영은 획으로 추출하지 않음으로써 입력 문자의 잡영을 제거할 수 있으며, 외곽선과 골격선에 대한 방향 성분 분포와 구조적 특징점 분포 그리고 획의 중점 분포 특징에 대하여 통계적인 특성을 고려하여 표준 패턴을 구축함으로써 세선화와 획 추출에 의한 입력 문자 정보의 손실을 효과적으로 흡수 할 수 있다. 또한, 획에 대한 특징을 추출할 때 획의 방향이 22.5°를 수용함으로써 획의 기울기에 대한 변형을 효과적으로 흡수 할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 필기체 한글의 오프라인 인식과 획 추출에 관련된 기존의 연구들을 소개하며, III 장에서는 입력 한글 영상에 대한 전처리 기법과 외곽선의 방향 성분 분포 특징을 추출하는 방법을 기술한다. IV 장에서는 특징점과 획을 추출하는 방법에 대해서 소개하고, V 장에서는 획 정합 및 분류 방법에 관하여 소개한다. VI 장에서는 실험 및 결과 분석에 관하여 소개하며, 마지막으로 VII 장에서는 결론 및 앞으로의 연구 방향을 제시한다.

II. 획 추출 관련 연구

지난 수년간 주로 국내의 몇몇 대학을 중심으로 석박사 학위 논문으로써 필기체 한글의 오프라인 인식에 관한 연구가 다양한 방법론들에 의하여 시도되어 왔는데, 이들 방법들은 크게 원형 정합 방법, 구조적인 방법, 신경망을 이용한 방법, 통계적인 방법 등으로 분류될 수 있다. [1-3] 이 중에서 구조적인 방법은 문자의 구성 원리에 입각하여 자소나 자획 등과 같은 문자를 구성하는 기본 요소와 그들간의 연관성을 추출하여 문자를 인식하는 방법으로, 정해진 문법에 따라 음소를 인식한 다음 각 음소의 조합으로 문자를 인식하는 구문론적인 방법과 획을 추출하여 입력 문자의 획과 표준 패턴 획과의 비교를 통해 거리를 계산함으로써 문자를 인식하는 획 정합 방법으로 나눌 수 있는데, 본 장에서는 획추출에 관련된 기존의 연구에 대해서 살펴본다.

획이란 문자를 구성하는 기본 패턴으로서 일반적으로 펜으로 글씨를 쓸 때 펜이 지면에 닿은 후부터 펜이 지면에서 떨어질 때까지 펜이 지나간 경로를 의미한다. 문자 인식에 있어서 입력 문자 영상으로부터 획을 추출하는 방법은 크게 세선화 단계를 거친 다음 획을 추출하는 방법 [4-13] 과 세선화 단계를 거치지 않고 획을 추출하는 방법 [14-17] 으로 분류된다.

세선화 단계를 거친 다음 획을 추출하는 방법은 세선화 단계를 거친 문자 영상에 대해 특징점을 추출하

고, 이 특징점들 사이를 연결하는 선분을 매끄러운 연속적 법칙(Good continuity rule)에 의해 연결하여 획을 추출하는 방법^[8, 10, 12, 13]과, 추출한 선분들과 특징점들 사이의 위치 관계를 이용하여 문자를 구성하는 획이나 자소 또는 부패턴을 추출하는 방법^[4-7, 9, 11]으로 나눌 수 있다. 이러한 방법들은 세선화한 결과 가 문자 영상의 잡영이나 국부적인 정보에 매우 민감하며 처리하는데 많은 시간이 소요된다는 단점이 있지만 세선화 단계를 거침으로써 문자 인식 과정에 불필요한 화소는 제거하고 최소한의 필요한 화소만을 얻을 수 있음은 물론, 특징점 추출이 가능함으로써 상대적으로 획 추출이 용이하다는 장점이 있다.^[18] 한편, 원래의 입력 문자 영상이로부터 획의 형태를 잘 보존할 수 있는 세선화 알고리즘을 제안하고 그에 따라 획을 추출하려는 시도가 있었다.^[13]

세선화 단계를 거치지 않고 획을 추출하는 방법은 세선화 단계를 거치는 방법의 단점을 보완하기 위해 제안된 방법으로서 다각형 근사 방법^[14], 양방향 확산과 방법(Bidirectional stroke propagation method)^[15], 지식 기반 방법^[16] 등이 있다. 다각형 근사 방법은 문자 영상을 여러개의 블록 다각형으로 분해한 다음 그 분해된 블록 다각형들 사이의 상호 관계에 의하여 획을 추출하는 방법이다. 이 방법은 세선화에 의한 획 추출 방법보다 일반적이지만 알고리즘이 매우 복잡하다는 단점이 있다. 양 방향 확산과 방법은 획의 기본 방향을 미리 정해 놓고, 정해진 기본 방향으로 문자 영상을 스캐닝하면서 화소간의 상호 연결 관계에 따라 스캐닝 방향과 같은 방향성을 갖는 획을 추출하는 방법이다. 이 방법은 정해진 기본 방향 이외의 획이나 곡선 획에는 적용할 수 없으며 각 기본 방향별로 문자 영상을 스캐닝해야 하므로 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 지식기반 방법은 문자를 구성하는 획의 기본 형태를 미리 정해 놓고, 문자의 구조에 대한 사전 지식들을 매개변수 형태로 표현한 다음 문자 영상을 스캐닝하면서 정의한 매개변수에 따라 획을 추출하는 방법이다. 이 방법은 다중 활자체 문자에 대해 각기 다른 값의 매개변수를 선택함으로써 획 추출이 가능하지만 다양한 형태의 변형을 포함하는 필기체 문자에는 적합하지 않다. 세선화 단계를 거치지 않고 획을 추출하는 이러한 방법들은 알고리즘이 매우 복잡하여 구현하기가 어렵지만 세선화에 의존하지 않고 원래의 문자 영상에 대한 정보를 최대한 활용하여 획을 추출하고자 하는 방법으로 현재까지 많은 연구가 진행되고 있으며 최근에는 문자 영상을 런 형태로 변환한 다음, 런의 집합을 그 래프 형태로 표현하여 획을 추출하는 새로운 방법이

발표되었다.^[17]

III. 전처리

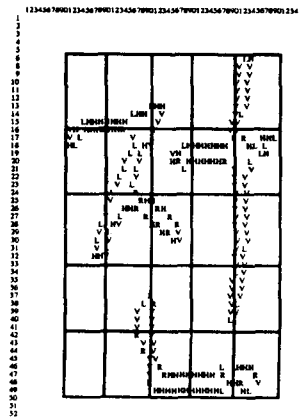
전처리 단계는 특징 추출과 획 추출을 용이하게 하기 위하여 입력 영상의 잡영과 중복성을 제거하는 단계로서, 본 논문에서는 위치 정규화, 외곽선 추적 및 세선화 과정으로 구성하였다.

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.^[19]

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 x N개의 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 정규화한다. 그림 2의 예에서는 (48 x 48) / (49 x 43) = 1.07로 정규화되었다.



(a)

수평(H) 수직(V) 좌사(L) 우사(R)

3	7	2	0	1	0	0	2	6	7	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0
4	3	4	0	0	1	4	3	4	1	9	7	1	2	0	0	1	1	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0
0	0	10	10	3	0	5	3	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0	3	2

(b)

타나는 방향이므로 그림 3(c)와 같이 3의 방향을 2의 방향으로 대체한다.

2. 구조적 특징점 분포 특징 추출

추출한 구조적 특징점을 이용하여 그 분포를 특징으로 추출하는 단계로서 특징점을 추출한 영상을 N x N개의 부분 영역으로 나누어서 각 영역에 있는 끝점(E), 분기점(B), 분기점과 굴곡점(B + I) 그리고 모든 특징점(E + B + I + J)들의 개수를 계산하여 네 종류의 구조적 특징점 분포 특징을 추출한다. 이러한 네 종류를 택한 이유는 특징점들의 여러 조합 중에서 가장 안정적이기 때문이다.

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 선분을 하나의 부분획으로 정하고 특징점의 종류에 따라 특징점의 위치를 스택에 저장하면서 특징점으로 이루어진 모든 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 선분은 부분획으로 추출한다.

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_{I1} 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))

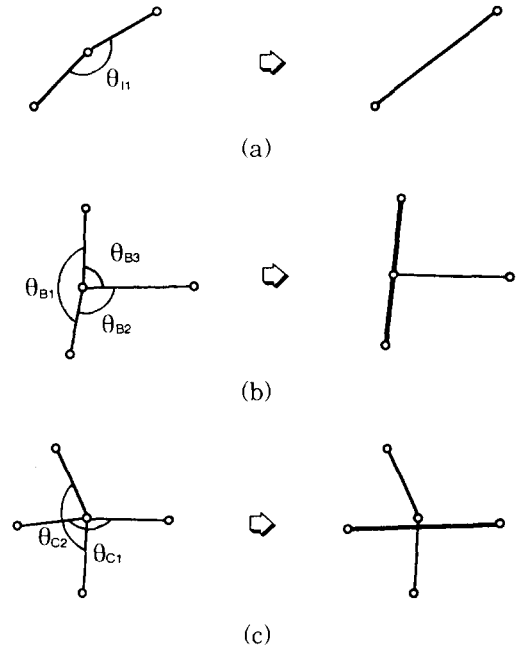


그림 4. 부분획이 만나는 특징점에 따른 획 연결

(a) 굴곡점 (b) 분기점 (c) 교차점

Fig. 4. Connection of strokes by the feature points in which sub-strokes meet together.

(a) inflection point,

(b) branch point, (c) junction point.

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 $M \times M$ 으로 정규화된 7 개의 평면, 즉 네 개의 방향 평면과 세 개의 길이 평면에 획의 중점 위치를 각각 떨어뜨림으로써 추출한다.

V. 획 정합 및 분류

외곽선의 방향 성분 분포와 골격선의 방향 성분 분포 그리고 구조적 특징점 분포 특징에 대한 표준 패턴은 각 문자의 여러 세트에 대해 평균을 구하여 각

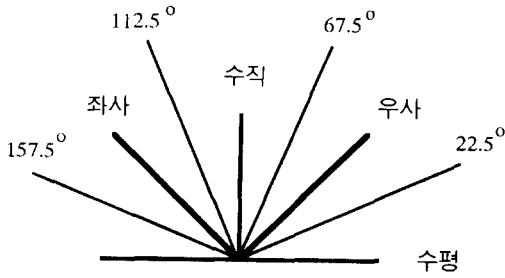


그림 5. 방향각에 따른 획의 방향 형태
Fig. 5. Type of the stroke direction by the direction angles.

각 4 x N x N 차원으로 구성하였으며, 획의 중점 분포 특징에 대한 표준 패턴은 각 평면에서 각 획의 중점이 분포한 누적 갯수를 구하여 7 x M x M 차원으로 구성하였다. 그림 6은 획의 중점 분포 특징에 대한 표준 패턴의 예이다.

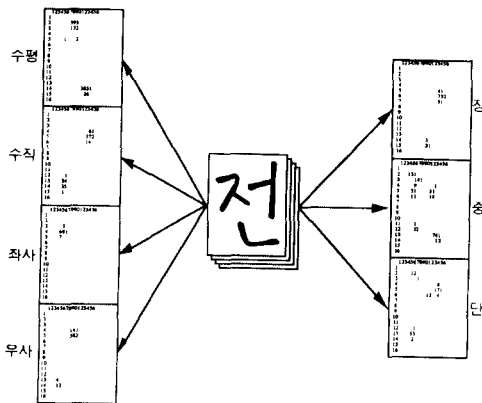


그림 6. 획의 중점 분포 특징에 대한 표준 패턴의 예
Fig. 6. An example of the standard pattern for the midpoint distribution feature of the strokes.

입력 문자의 특징과 표준 패턴간의 정합시, 처리 시간을 단축하기 위하여 모든 문자에 대해 비교적 안정적인 특징인 외곽선의 방향 성분 분포 특징을 이용하여 대분류하였으며, 대분류 단계에서 분류된 소수의 후보 문자만을 대상으로 외곽선의 방향 성분 분포, 골격선의 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, 골격선의 방향 성분 분포 특징의 유사도와 구조적 특징점 분포 특징의 유사도는 식 (2)와 동일한 방법으로 계산한다.

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

- i : 수평, 수직, 좌사, 우사
- N : 입력 패턴의 영역 분할 인수
- Dⁱ : 입력 패턴의 외곽선 방향 성분 분포 특징
- D^M : 표준 패턴의 외곽선 방향 성분 분포 특징
- C_d : 0 ≤ S_d^c ≤ 1로 하는 상수

획 방향의 중점 분포 유사도는 식 (3)에 의해 계산하며, 획 길이의 중점 분포 유사도는 식 (4)에 의해 계산한다. 입력 문자의 특징과 표준 패턴의 특징간의 유사도는 모든 특징을 고려하여 식 (5)에 의해 계산한다.

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

$$S_l^s = P(N, N_c) \times \sum_{i=1}^N \text{Max}(\text{Win}_i^L) / N \quad (4)$$

- P() : 입력 패턴의 획수와 표준 패턴의 획수 차이에 따른 벌점 함수
- N : 입력 패턴의 획수
- N_c : 표준 패턴의 획수
- Win^D : 입력 패턴 획의 중점 위치에 대한 획의 방향 표준 패턴에서의 K x K 윈도우
- Win^L : 입력 패턴 획의 중점 위치에 대한 획의 길이 표준 패턴에서의 K x K 윈도우

$$S = S_d^c \times W_d^r + S_l^s \times W_d^l + S_{fp} \times W_{fp} + S_d^s \times W_d^s + S_l^s \times W_l^s \quad (5)$$

- S_d^T : 골격선의 방향 성분 분포 특징의 유사도
- S_{fp} : 구조적 특징점 분포 특징의 유사도
- W_d^r, W_d^T, W_{fp}^r, W_d^s, W_l^s : 가중치

VI. 실험 및 결과 분석

실험 환경은 PC 486(33MHz) 상에서 Turbo-C 언어로 구현하였으며, Microtek MSF-300C 영상 스캐너를 통해 가로 7mm와 세로 8mm의 사각형에 PILOT Hi-Techpoint .5 수성 검정색 펜으로 필기

한 문자를 200 DPI로 입력하여 실험하였다. 실험 대상 문자는 한글 기계화 연구소에서 조사한 한글 사용 빈도수^[21] 상위 520자이며, 10인이 10번씩 필기한 데이터 중에서 5인의 데이터는 표준 패턴을 만드는데 사용하였고 표준 패턴 구축에 참여하지 않은 5인의 데이터는 인식 실험에 사용하였다.

그림 7은 외곽선의 방향 성분 분포 특징만을 고려하여 대분류하였을 때, 입력 패턴의 영역 분할 인수 N을 3과 5 그리고 7 각각에 대해 60위까지 고려하여 실험한 누적 인식률을 나타낸다. 대분류 단계에서 분류한 후보 순위 20 까지의 문자를 대상으로 상세 분류한 결과, 문자당 평균 90.7%의 인식률과 0.46초의 인식 시간을 나타내었다. 본 논문에서는 획의 중점 분포에 대한 정규화된 표준 패턴의 평면 크기 M은 16으로, 획의 중점 위치에 대한 유사도의 계산에 사용된 표준 패턴에서의 윈도우 인수 K는 3으로 실험하였다. 그림 8은 다양한 특징들을 조합할 경우의 인식률을 나타내고, 그림 9는 문자당 평균 처리 시간을 나타낸다.

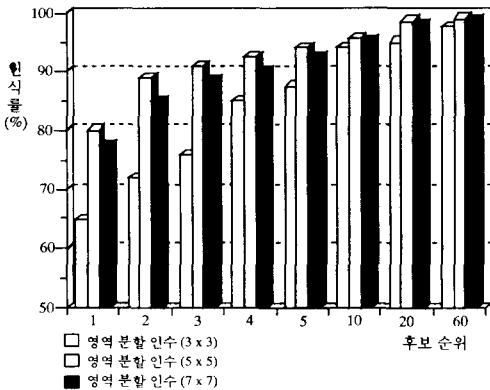


그림 7. 외곽선의 방향 성분 분포 특징만을 고려한 대분류 단계의 누적 인식률

Fig. 7. Accumulated recognition rate of preliminary classification when only the direction component distribution feature of the contour is considered.

그림 8의 결과를 분석해 보면, 본 연구에서 추출한 다양한 특징들 중에서 획의 방향과 길이에 대한 특징을 고려할 때 인식률이 가장 높음을 알 수 있었다. 이것은 문자를 나타내는 기본 요소인 획을 추출하고 구조적인 특징을 통계적인 특성을 고려하여 표준 패턴을 구축함으로써 문자에 포함된 잡영을 흡수할 수

있으며, 그림 5의 방향각에 따라 획의 방향을 결정함으로써 획의 기울기에 대한 변형을 효과적으로 흡수할 수 있음을 나타낸다.

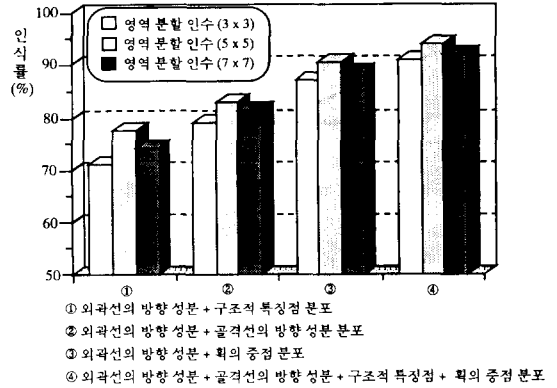


그림 8. 다양한 특징을 조합할 경우의 인식률
Fig. 8. Recognition rate when various features are combined.

처리단계	처리 시간
전처리	0.01초
세션화 및 외곽선 추적	0.11초
특징 추출	0.01초
획추출	0.02초
대분류	0.22초
상세분류	0.09초
합계	0.46초

그림 9. 문자당 평균 처리 시간
Fig. 9. Average processing time per one character.

그림 10은 제안된 획 정합 방법에서 자주 오인식되는 문자 패턴의 예이다. 실험을 통해 오인식이 발생

하는 원인은 다음과 같이 분석되었다. 첫째, 한글의 특성으로 인해 발생하는 유사한 문자 사이의 구별이 어려웠다는 점이다. 이것은 ‘따’ 자가 ‘파’ 자로 ‘불’ 자가 ‘물’ 자로 오인식 되는 등 비슷한 위치에 유사한 방향과 길이를 갖는 획의 존재로 획정합 방법의 분별력이 약해졌기 때문이다. 둘째, ‘의’ 자와 ‘익’ 자에서의 수직획이나 ‘귀’ 자와 ‘커’ 자에서의 수평획과 같이 다양한 필체로 인해 인접한 획이 접촉되거나 연결된 획이 분리되는 현상에 대한 해결이 완벽하게 이루어지지 못했다는 점이다. 마지막으로, 충분한 데이터에 대해 표준 패턴을 구성하지 못한 것으로, 충분한 데이터에 대한 학습이 이루어진다면 보다 신뢰성 있는 방법이 될 수 있을 것으로 판단된다.

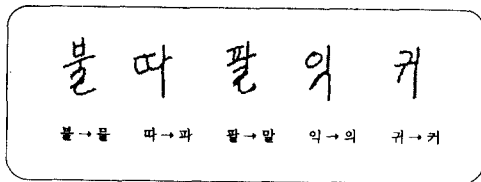


그림 10. 오인식된 패턴의 예
Fig. 10. An example of the misrecognized patterns.

VII. 결론

본 논문에서는 입력 문자 영상에 대한 위치 정규화, 외곽선 추적 및 세선화의 전처리 과정을 거쳐 외곽선의 방향 성분 분포, 골격선의 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 획정합 방법을 제안하였다.

인식 시간의 단축을 위하여 외곽선의 방향 성분 분포 특징으로 대분류하고, 모든 특징들로 상세 분류하여 실험한 결과, 한글 사용 빈도수 상위 520자를 5인이 10번씩 필기한 데이터에 대해 문자당 평균 90.7%의 인식률과 0.46초의 인식 시간을 나타내었다.

제안된 방법은 문자를 구성하는 획을 추출할 때 미세한 잡영은 획으로 추출하지 않음으로써 문자 영상에 나타날 수 있는 잡영을 제거할 수 있었으며, 방향 성분 분포와 구조적 특징점 분포 그리고 획에 대한 구조적인 특징에 대하여 통계적인 특성을 고려하여 표준 패턴을 구축함으로써 세선화와 획 추출에 의한 입력 문자 정보의 손실이나 문자를 구성하는 획에 대한 변형을 효과적으로 흡수할 수 있음을 알 수 있었

다. 따라서 제안된 획정합 방법은 필기체 한자의 인식에도 적용할 수 있으리라 생각된다.

앞으로의 연구 방향은 획의 연결과 분리에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이며, 더 높은 인식률을 얻기 위한 후처리 기법에 관한 연구와 처리 속도를 개선하기 위해 계층적 트리 분류기를 사용하는 기법에 관한 연구가 필요하다. 또한, 필기체 한글 인식에 적합한 세선화 알고리즘의 개발과 그에 따른 획 추출 방법에 관한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

감사의 말씀

※ 본 연구는 한국과학재단 우수연구센터인 인공지능 연구센터의 부분적인 지원에 의한 것임.

參考文獻

- [1] 이 성환, 박 회선, "한글 인식의 사례 연구: 최근 5년 동안의 연구 결과를 중심으로," 제 1회 문자 인식 워크샵 발표 논문집, 청주, 1993년 5월, pp. 3-46.
- [2] 도 정인, "한글 문서 인식 시스템의 개발," 한국정보과학회지, 제 9권 제 1호, 1991년 2월, pp. 22-32.
- [3] K.S. Fu and A. Rosenfeld, "Pattern Recognition and Computer Vision," *IEEE Computer*, October 1984, pp. 274-282.
- [4] 김 민석, 손 한웅, 최 완수, 김 수원, "자소 추출 방법을 이용한 고속 한글 인식 시스템의 구현," 대한전자공학회 논문지, 제 29권 B편 제 6호, 1992년 7월, pp. 25-31.
- [5] 김 태균, T. Agui and M. Nakajima, "Stroke 조합에 의한 필기체 한글의 표현과 인식," 대한전자공학회 논문지, 제 25권 제 1호, 1988년 1월, pp. 18-26.
- [6] 김 형래, 박 인갑, 서 동필, 김 예녹, "CFG 방법을 이용한 필기체 한글에서의 자소 추출과 인식에 관한 연구," 대한전자공학회 논문지, 제 29권 B편 제 9호, 1992년 9월, pp. 8-16.
- [7] 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.
- [8] 이 승호, "구조적 한글 인식을 위한 자획 추출에 관한 연구," 한국과학기술원 전산학과 석사

- 학위 논문, 1988년 2월.
- [9] 최 병욱, T. Ichikawa, H. Fujita, "한글 인식에 있어서의 자소 추출," 대한전자공학회지, 제 18권 제 2호, 1981년 4월, pp. 36-43.
- [10] 하 진영, 김 진형, "학습 기능을 이용한 필기 한글 인식에 관한 연구," 한국정보과학회 인공지능연구회 춘계 학술 발표회 논문집, 서울, 1989년 6월, pp. 3-24.
- [11] X. Zhang and Y. Xia, "The Automatic Recognition of Handprinted Chinese Characters - A Method of Extracting an Orderd Sequence of Strokes," Pattern Recognition Letters, Vol. 1, No. 4, May 1983, pp. 259-265.
- [12] 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.
- [13] H. Ogawa and K. Taniguchi, "Thinning and Stroke Segmentation for Handwritten Chinese Character Recognition," Pattern Recognition, Vol. 15, No. 4, 1982, pp. 299-308.
- [14] S.K. Han, "The Recognition of Korean Characters by the Structural Approach," M.S. Thesis, Dept. of Computer Science, KAIST, 1984.
- [15] S. Mori, W. Gillespie and C.Y. Suen, "Constrained Bidirectional Propagation and Stroke Segmentation," Pattern Recognition Letters, Vol. 1, No. 3, March 1983, pp. 161-167.
- [16] L.Y. Tseng and C.T. Chuang, "A Knowledge-based Stroke Extraction Method for Multi-font Chinese Characters," Proc. of 9th Int. Conf. on Pattern Recognition, Rome, Italy, November, 1988, pp. 143-148.
- [17] L.-H. Chen, "A New Approach for Handwritten Character Stroke Extraction," Computer Processing of Chinese and Oriental Languages, Vol. 6, No. 1, June 1992, pp. 1-17.
- [18] 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, September 1992, pp. 869-885.
- [19] 이 성환, 박 희선, "고리 투영을 이용한 위치, 크기 및 회전 변형에 무관한 패턴 인식," 인지과학회 논문지, 제 3권 1호, 1991년, pp. 139-160.
- [20] P.C.K. Kwok, "A Thinning Algorithm by Contour Generation," Communication of the ACM, Vol. 31, No. 11, Nov. 1988, pp. 1314-1324.
- [21] 한글 기계화 연구소, 한글 기계화 연구, 1975.

著 者 紹 介



金 基 喆(準會員)

1968年 12月 26日生. 1992年 2月
충북대학교 전자계산학과 졸업.
1992年 3月 ~ 현재 충북대학교 컴
퓨터과학과 석사 과정 재학 중. 주
관심분야는 문서 구조 분석, 문자
인식 등임.



李 晟 琿(正會員)

1962年 6月 2日生. 1984年 서울대
학교 계산통계학과 졸업, 1986年
한국과학기술원 전산학과(석사).
1989年 한국과학기술원 전산학과
(박사). 1987年 네덜란드 Delft 공
과대학교 패턴 인식 연구센터 방문
연구원. 1989年 캐나다 Concordia 대학교 패턴 인
식 및 기계 지능 연구센터 방문 과학자. 1989年 ~
현재 충북대학교 컴퓨터과학과 조교수로 근무중. 주
관심분야는 패턴 인식, 영상 처리, 신경회로망 VLSI
구현 등임.



金 英 埴(正會員)

1960年 3月 13日生. 1987年 광주
대학교 전자계산학과 졸업. 1989年
조선대학교 전자계산학과(석사).
1991年 3月 ~ 현재 조선대학교 전
기공학과(제어계측전공) 박사과정
재학중. 1990年 3月 ~ 현재 서강
전문대학 사무자동화과 전임강사. 주관심분야는 문자
인식, 신경회로망 등임.