論文95-32B-9-10

온라인 연속 필기 한글의 인식을 위한 내부 문자 분할에 관한 연구

(An Internal Segmentation Method for the On-line Recognition of Run-on Characters)

鄭鎭榮 *, 全炳煥 *, 金雨成 **, 金在熹 *

(Jin Young Jung, Byung Hwan Jun, Woo Sung Kim, and Jaihie Kim)

요 약

온라인 문자 인식에서는 연속적으로 입력되는 문자들을 자동으로 분리할 수 있는 알고리듬이 필요하다. 이 논문에서는 문자의 분할 방법 중 내부 분할 알고리듬을 제안하였다. 내부 분할 방법은 입력되는 한글 자소와 자소간의 문자 조합 가능성을 고려하여 후보 문자열을 생성한다. 이때 획의 투영에 의한 공간적인 위치 정보를 사용하여 문자 조합의 애매성을 제거하였다. 내부 분할 방법을 외부 분할 방법과 비교 실험한 결과, 내부 분할 방법이 외부 분할 방법보다 문자간의 거리가 가까운 경우에 인식성능이 향상됨을 알 수 있었다.

Abstract

In on-line character recognition, to segment input character is important. This paper proposes an internal character segmentation algorithm. The internal segmentation algorithm produces candidate words by considering possible combinations of Korean alphabets. In this process, we make use of projections of strokes onto the horizontal axis to remove ambiguities among candidate words. As a result of experiments, the internal segmentation algorithm shows better performance than external segmentation algorithm as the gap between sample characters becomes smaller.

I. 서 론

컴퓨터의 상용화와 더불어 온라인 입력 방식에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.[1-3] 이와 함께 펜 입력으로부터 각 문자를 자동으로 분할하여 인식할 수 있는 방법에 대한 필요성이 증대되고 있다. 온라인 문자 인식에서 연속으로 필기되는 문자들의 끝을 판별하는 방법은 문자 분할 시점에 따라 크게 외부 분할(external segmentation)과 내부 분할(internal segmentation)로 구분할 수 있다.[1] 외부 분할은 필기자가 한 문자를 쓰고 난 후 한 문자가 끝났음을 표시한 후 한 문자 단위로 인식을 수행하는 방법이다. 외부 분할에 많이 사용되는 방법으로는 버튼(button) 등의 외부 신호(external signal)나 문자간의 충분한 지연시간, 문자간의 충분한 거리등이 있다. 이중 가장 널리 사용되고 있는 방법은 미리 정해진 사각형 내에 한 글자씩 필기하도록 하는(boxed-discrete) 방식이다.[2] 기존의 온라인 문자인식에 대한 연구들은 외부 분할을 대상으로 하므로, 어떠한 방식이든 사용자에게 불편함을 가져오고 기타 응용범위가 한정되게 된다.[1-5]

* 正會員, 延世大學校 電子工學科
(Dept. of Electronics Eng., Yonsei Univ.)
** 正會員, 韓國通信研究開發院
(Research Center, Korea Telecom)
接受日字: 1995年5月25日, 수정완료일: 1995年9月2日

] 이와 달리, 내부 분할은 필기자가 필기를 하는 동안이나 혹은 필기를 모두 마친 후에, 인식 알고리듬이 입력을 인식해나가면서 한 문자의 끝을 찾아내는 방법이다.[4,6] 이러한 내부 분할 방법은 문자의 끝을 판별하기 위한 부담 때문에 전체적인 인식 알고리듬이 복잡해지고, 때로는 문자를 잘못 분리하여 인식률이 다소 저하되기도 하지만 외부 분할에 비하여 필기시의 제약을 크게 완화시키는 장점을 갖는다.

이 논문에서는 자소 내에서 어느 정도 흘림이 허용되는 한글에 사용될 수 있는 내부 분할 방법에 대하여 제안하였다. 내부 분할 방법은 한글이 갖는 계층적 구조를 이용하여 자소간의 조합에 의하여 가능한 단어 후보들을 생성한 후, 애매성이 발생하는 경우에 획의 투영에 의한 공간적 위치 정보를 사용함으로써 수행된다.

Ⅱ. 문자 분할 및 인식의 개요

연속으로 필기되는 문자의 분할은 크게 내부 분할과 외부 분할로 구분되는데, 각각의 분할 방법에 따라 전체적인 인식 과정에 큰 차이가 있다. 특히 내부 분할의 경우에는 동일한 입력에 대하여 인식이 가능한 경우가 외부 분할과 비교하여 매우 많아지므로 이러한 경우를 모두 고려해야 한다. 그림 1에는 각 문자 분할 방법에 따른 인식 과정에서의 문자 분할 시점을 보여주고 있다.

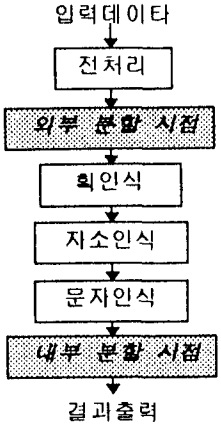
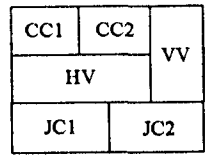


그림 1. 문자 인식에서의 분할 시점
Fig. 1. Segmentation stages in each method.

전처리(preprocessing)는 필기 입력 데이타로부터 잡음(noise)과 인식에 불필요한 여분의 데이타(redundancy)를 제거하여 인식에 필요한 주요 특징점만을 인식부에 보내는 역할을 한다.[7]

한글은 획들이 모여서 자소를 형성하고, 자소들이 결합하여 하나의 문자를 완성하며, 문자들이 모여서 단어를 구성하는 계층적 구조를 갖는 조합 문자이다. 따라서, 문자 인식 알고리듬은 이와 같은 한글의 특성에 적합하게 획 인식, 자소 인식, 문자 인식의 단계로 구성된다.[8,9] 먼저 획 인식 단계에서는 필기 방향 정보를 추출하되 필기시의 애매성을 고려하여 퍼지 멤버쉽 함수에 의하여 인식이 가능한 모든 종류의 획 코드가 생성된다.[10,11] 다음으로 자소 인식 단계에서는 모든 후보 획에 대하여 획간의 위치 관계에 의하여 가능한 모든 자소에 대한 후보들을 생성하는데, 한글의 자소는 최소 1획부터 최대 4획으로 구성된다. 인식된 자소들은 조합 규칙에 따라 문자를 구성하며, 자소는 크게 자음, 수평 모음, 수직 모음의 세 가지의 종류로 분류한다. 그림 2는 본 논문에서 사용하는 한글 문자의 조합 구조를 나타낸다.



CC1 = 기본자음 14개
CC1•CC2 = ㄲ,ㄸ,ㅃ,ㅆ,ㅉ
HV = ㅗ,ㅛ,ㅜ,ㅠ,ㅡ
VV = ㅏ,ㅑ,ㅓ,ㅕ,ㅣ,ㅐ,ㅒ,ㅔ,ㅖ
HV•VV = ㅘ,ㅙ,ㅚ,ㅝ,ㅞ,ㅟ,ㅢ
JC1 = 기본자음 14개
JC1•JC2 = ㄱㄱ,ㄱㅅ,ㄴㅈ,ㄴㅎ,ㄹㄱ, ㄹㅁ,ㄹㅂ,ㄹㅅ,ㄹㅌ,ㄹㅍ, ㄹㅎ,ㅂㅅ,ㅅㅅ

그림 2. 한글 문자의 조합 구조
Fig. 2. A combination structure of Korean characters.

획 인식과 자소 인식 단계에서 결정된 멤버쉽값은 문자 단계에까지 유지되며 이 값이 가장 높은 문자를 인식 결과로 간주하게 된다.[10] 이때 외부 분할에 의한 인식의 경우에는 모든 가능한 문자가 수평모음, 수직모음, 종성의 자음단계에서 완료되는 것이 분명히 드러나지만 내부 분할의 경우에는 이 단계에서 문자의 종료는 물론 다른 새로운 문자로 계속될 수 있는 경우도 고려해야 한다.

Ⅲ. 문자간 거리에 의한 외부 분할

이 방법은 문자를 인식하기 이전에 미리 한 문자의 시작과 끝을 판별하는 방법이다. 일반적인 필기 형태에서는 문자와 문자 사이를 약간 띄우기 때문에, 이러한 위치 정보를 이용하면 한 문자가 끝났음을 미리 알 수 있게 된다.

이 논문에서는 문자간의 위치 정보로 x축에 대한 투영(projection)과 y축에 대한 투영을 사용하였다. x축에 대한 투영은 각 획이 겹쳐져 있는 가의 여부와 문자 간격의 임계치(threshold)를 구하는 데 사용된다. 또한 y축에 대한 투영도 문자간의 임계치를 결정하는 데 사용된다. 이러한 위치 정보는 한 문자의 끝을 판별하는데 중요하게 사용될 수 있지만, 이와 같은 위치 정보만으로는 문자의 분할을 완벽히 해낼 수 없다. 왜냐하면, 문자간 간격의 변화가 심하여 주어진 임계치보다 항상 크다고 보기 힘들며 또한, 문자내에 존재하는 간격이 임계치보다 클 수도 있기 때문이다. 따라서 문자의 분할이 제대로 수행되지 않을 수도 있으므로 다음과 같은 문자 구성에 대한 정보들을 부가적으로 이용한다.

① 2획 이상이 되어야만 인식을 수행한다. 이는 자소간의 흘림을 허용하지 않으므로 1획의 문자가 발생되지 않기 때문이다.

② 한 문자내의 간격은 주로 초성 자음과 수직 모음 사이에서 발생하는데, 그 간격이 커서 단지 초성 자음만을 가지고 인식을 행함으로써 미인식이 발생한다. 따라서, 초성까지만 인식된 경우에는 문자간의 임계치를 완화하고 문자의 끝을 다시 찾는다.

③ 분할에 이용하는 한글 필기상의 특징은 한 문자의 x축에 대한 투영의 길이와 y축에 대한 투영의 길이가 거의 같다. 예로써, 실제로는 두 문자인데 한 문자라고 판단한 경우에 발생 하는 미인식의 경우에는 일반적으로 y축에 대한 투영의 길이보다 x축에 대한 투영의 길이 가 크게 된다. 따라서, 이런 경우에는 두 문자 이상이 합쳐져 있는 것으로 파악하여 다시 문자를 분할한다.

전체적인 인식 과정은 그림 3과 같다.

전처리된 획이 입력되면 누적된 획의 수가 2보다 크고 현재 획과 이전 획들과의 거리가 임계치(D_{seg})보다 클 때 분할을 하고 이전까지 입력된 획으로 인식을 시도한다. 이때, 문자의 크기에 따라 문자간의 x축 간격이 달라지고, 글자의 크기 역시 변화가 심하므로 임계치의 설정은 문자 분할에서 매우 중요하다. 이 논문에서는 문자의 크기 변화에도 적응하도록 다음과 같은 두 가지 경우에 따라 D_{seg}값을 다르게 설정한다.

- 이전에 인식된 문자가 없는 경우

  D_{seg} = MAX(획의 x축 투영 길이, 획의 y축 투영 길이)*0.3

- 이전에 인식된 문자가 있는 경우

  D_{seg} = MAX(인식 문자의 x축 투영 길이, 인식 문자의 y축 투영 길이)*0.3

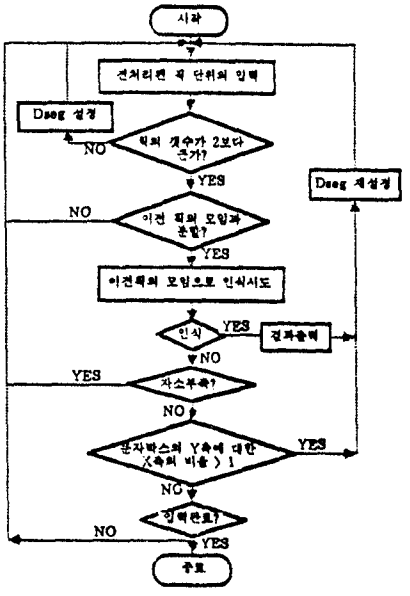


그림 3. 외부 분할 방식의 흐름도
Fig. 3. A flow chart of external segmentation.

인식이 성공한 경우에는 다음 획부터 계속 진행해 나가지만, 미인식인 경우에는 앞서 언급한 부가 정보를 검사한다. 즉, 획에서 미인식이 발생하지 않고, 인식이 초성에서 끝난 경우에는 계속해서 다음 획을 포함하여 인식을 진행한다. 또한, 두 문자간의 간격이 좁아서 미인식이 발생하는 경우에는, 한글 문자의 x축 길이와 y축 길이가 유사하다는 특성을 이용하여 만약 x축의 투영이 y축의 투영보다 크면 그 획의 모임이 두 문자 이상으로 이루어졌다고 가정하고 임계치를 작게 조정하여 재분할을 시행한다. 이것은 그림 4와 같이 문자간의 간격이 임계치보다 작아서 생기는 오류를 줄일 수 있다.

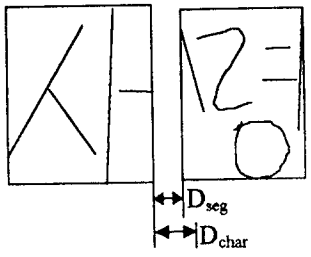


그림 4. 문자간의 근접으로 오인식이 발생하는 경우
Fig. 4. An example of misrecognition due to close distance between characters.

Ⅳ. 문자 조합 및 획간의 거리에 의한 내부 분할

내부 분할에서는 하나의 획이 입력될 때마다 획 단위로 모든 인식 과정을 수행한다.[11] 이러한 인식은 다양한 여러 가지 인식 가능성에 대해 문자의 인식 단계뿐 아니라 문자열로 이루어지는 단어 단계에까지 수행되며, 애매한 단어가 발생하는 경우에 올바른 선택을 하기 위하여 공간 정보도 사용한다. 그림 5는 내부 분할에 의한 분할 방법의 흐름도이다.

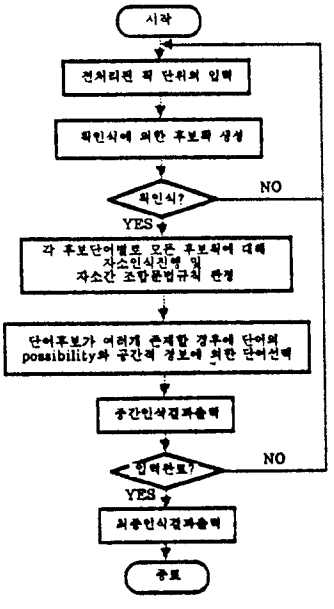


그림 5. 내부 분할 방식의 흐름도
Fig. 5. A flow chart of internal segmentation.

1. 문자의 조합에 의한 단어의 생성

하나의 획이 입력되면 이 획에 대하여 여러 경우의 인식이 가능하여 여러 개의 후보를 가지므로 결과적으로 여러 개의 단어 후보를 생성하게 된다. 즉, 입력 획에 대하여 가능한 인식 결과들과 기존의 단어 후보들과의 조합을 시도하여 새로운 후보 단어들을 형성해나가게 된다. 여기서 '단어(word)'는 문장론에서의 단어가 아닌 인식시에 발생할 수 있는 각각의 후보 문자열을 의미한다. 이 경우에 현재의 획과 문자의 조합이 가능한 단어 후보들은 다음 입력에 대해서도 계속해서 인식을 수행할 수 있지만, 현재 인식된 획과 조합이 형성되지 못하는 후보들은 제거된다. 이러한 인식 및 분할 과정을 최종 입력이 들어올 때까지 반복하여 수행한다. 이와 같은 인식 과정에서 자소가 완성되면 이들 자소간의 문법 조합과 위치 관계로 한 문자의 구성에 대한 가능성을 판단한다.

위와 같은 방법으로 인식을 수행하는 경우에 각 단어 후보에서 문자의 조합에 의하여 한 문자의 종료가 가능한 단계는 앞의 그림 3에서 수평 모음(HV), 수직 모음(VV), 종성의 첫자음(JC1), 종성의 복자음(JC2)인 경우이다. 따라서, 이 단계들에서는 인식된 자소의 종류와 위치 관계에 의하여 문자의 계속 또는 종료에 대하여 일차적인 판단을 한다. 한글에서는 앞의 4단계마다 다음에 올 수 있는 자소의 종류가 한정되어 있으므로 앞과 뒤의 자소를 이용하여 문자를 분리할 수 있다. 예를 들어 현재 인식되고 있는 문자의 종성에서의 첫 자음이 'ㄱ'이라면 다음에 올 수 있는 자소는 'ㄱ'이나 'ㅅ'으로 한정되므로 인식된 자소가 이 두 자음 이외의 것이라면 현재 자소 부터 새로운 문자의 시작으로 판단한다. 표1은 각 인식 단계에서 문자의 분리가 가능한 경우를 나타낸다.

표 1. 문자의 분리가 가능한 인식단계
Table 1. Recognition stages where can segment character.

문자 인식 단계	위치 관계	이전에 인식된 자소	현재 인식된 자소
수평모음(HV)	오른쪽	모든 수평 모음	모든 자음
수직모음(VV)	오른쪽	모든 수직 모음	모든 자음
종성의 첫자음(JC1)	오른쪽	ㄱ, ㄴ, ㅂ, ㄹ 이외의 자음	모든 자음
종성의 복자음(JC2)	오른쪽	모든 자음	모든 자음

이와 같은 인식 과정에서 하나의 후보 단어만이 존재하는 경우에는 그 단어 후보만을 관리하여 주고, 여러 개의 후보 단어가 생기는 경우에는 각 단어 후보에 대한 조합의 가능성이 완전히 배제될 때까지 이들을 모두 관리하여 준다. 이때 전체 문자열에 대한 가능성은 각각의 문자가 갖는 가능성들의 최소값으로 설정한다.

그림 6은 입력 획의 열에 대하여 단어 후보가 생성되는 과정의 예이다. 그림에서 네 번째 획 'ㅣ'어느 문자에 포함되느냐에 따라 '개라'와 '가마'로 인식될 수 있다.

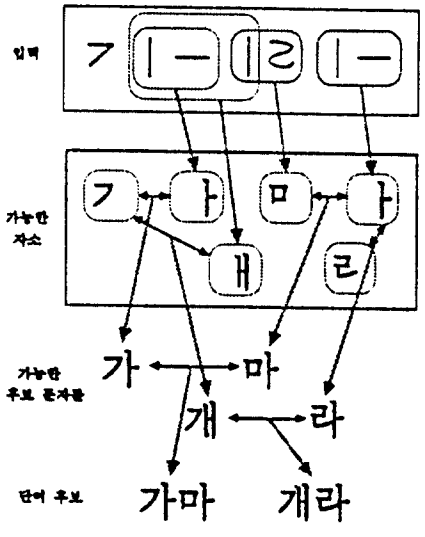


그림 6. 가능한 후보 단어의 예
Fig. 6. An example of word candidates.

이처럼 단어의 가능성만으로 문자를 구분하여 판단하는 것은 문자의 조합 정보만을 이용하므로 대부분의 경우에는 문자의 구별이 제대로 되지만, 어떤 경우에는 올바른 문자가 오히려 낮은 가능성을 갖게 되어 문자의 구분을 잘못 판단하는 경우가 생길 수 있다. 따라서, 이와 같은 경우를 보완하여 올바른 판단을 할 수 있도록 실제의 필기 형태가 갖는 공간적 위치 정보를 사용한다.

2. 거리 정보를 이용한 문자의 내부 분할

문자의 조합 규칙만으로 다음 문자의 종료나 시작을 판별하는 경우에는 실제로 각 문자에 대한 공간적 위치 정보를 사용하지 않기 때문에 항상 올바른 인식 결과만을 가져오지는 못한다. 따라서 이 논문에서는 애매한 단어 후보들을 발생시킨 획에 대하여 바로 앞 혹은 바로 다음 획과의 x축상의 공간적 거리를 이용함으로써, 올바른 단어를 선택하도록 한다.

일반적인 필기 형태에서 볼 때, 애매한 단어 후보들을 발생시킨 획은 앞 문자의 마지막 획이거나 뒷 문자의 처음 획이 되고 이 획이 어느 문자에 포함되는가에 따라 서로 다른 단어 후보들을 발생시키게 된다. 이때, 필기형태의 일반적인 속성에 의하여 이 획은 실제로 속한 문자와 보다 가깝게 위치한다. 이때의 거리에 대한 판별은 그림 7과 같다.

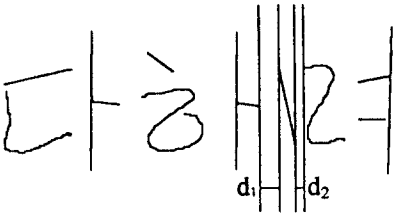


그림 7. 거리에 의한 단어 판별의 예
Fig. 7. An Example of character segmentation using distance.

따라서, 서로 다른 단어를 발생시키는 획의 x축 투영에 대한 최소값과 최대값을 구하고, 이 획 바로 이전의 획과 바로 다음 획에 대하여 떨어진 거리나 x축상에서 중첩이 되는 길이를 비교하여 이 길이가 큰 경우, 즉 문자간의 간격이 크게 유지되는 단어 후보를 올바른 문자열로 인정하게 된다. 그림 7은 거리에 의한 판별의 예를 나타낸다.

V. 실험 및 결과 고찰

실험에 사용된 데이타는 국민 교육 헌장을 대상으로 필기자 15명으로부터 총 5715문자를 획득하였다. 데이타는 문자간 거리에 따른 각 분할 방법의 성능을 비교 평가하기 위하여 정해진 영역 내에 필기를 하도록 유도하였으며, 자소간 흘림이 없는 정자체를 기본으로 하되 자소내에서의 흘림은 일부 허용하였다. 문자를 필기하는 각각의 입력 문자 박스의 크기는 2 X 2.4(cm)이다.

다음 그림은 입력 데이타의 예이다.

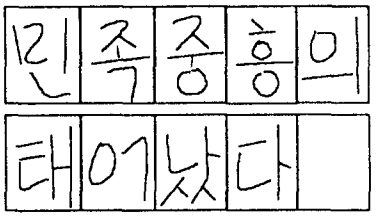
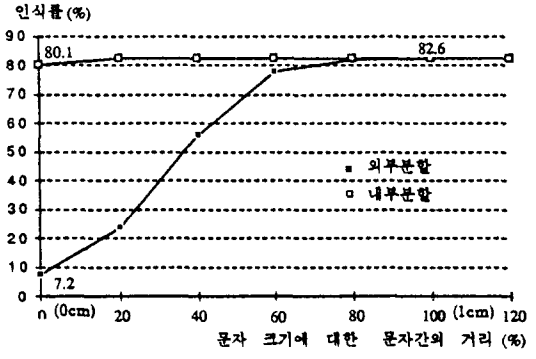


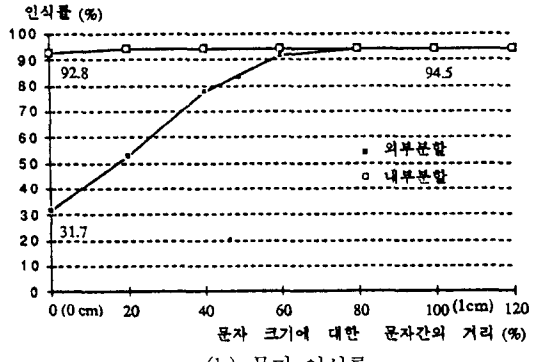
그림 8. 입력 데이타의 예
Fig. 8. Sample data.

1. 외부 분할과 내부 분할의 인식률 비교

문자간 거리에 의한 외부 분할 방법과 내부 분할 방법의 성능을 비교 평가하기 위하여, 입력받은 데이타의 문자간 거리를 변화시키면서 각 분할 방법의 문자 및 단어에 대한 인식률을 측정하였다. 문자간의 거리는 입력 형태의 일반적인 크기인 2cm에 대한 상대적 거리로 6개의 단계로 구분하여 각각 이 크기의 0, 20, 40, 60, 80, 100%로 조정하였다. 실험 결과는 그림 9와 같다.



(a) 단어 인식률



(b) 문자 인식률

그림 9. 문자간 거리에 따른 인식률의 변화
Fig. 9. Recognition results in each segmentation method.
(a) Recognition rate of words
(b) Recognition rate of characters

그림 9의 (a)에서 외부 분할 방법에서는 문자간의 거리에 따라 단어에 대한 인식률의 폭이 매우 민감하게 변화함을 알 수 있다. 문자간의 간격이 매우 넓은 경우에는 높은 인식률을 보이지만, 문자간의 간격이 좁아짐에 따라 미리 문자의 끝을 판별하기가 어렵게 되어 인식률이 상당히 낮아진다. 이에 비하여 내부 분할 방법은 문자간의 거리에 상관없이 거의 일정한 인식률을 보임을 알 수 있다. 이러한 현상은 문자 인식률에 대해서도 마찬가지로 나타난다. 그러나, 문자간의 거리가 60% 이상인 경우에는 외부 분할의 인식률이 내부 분할의 인식률과 거의 같아지는데, 이것은 문자간의 거리가 60%정도인 경우에는 획에 의하여 문자를 구별하기가 용이하기 때문이다. 따라서, 외부 분할을 사용하는 경우에는 문자간의 거리를 한 문자의 60%이상이 되도록 띄어서야 안정적인 결과를 가져옴을 알 수 있다. 또한, 문자간의 거리가 충분한 경우에는 두 방법 모두 동일한 인식률을 나타내는데, 이는 두 방법이 사용하는 인식 알고리듬이 기본적으로 동일하기 때문이다.

다음은 실제 데이타에서 문자간의 간격이 좁은 경우에 획의 소속여부에 대한 판단을 미리 함으로써 외부 분할의 인식률이 낮아지는 경우에 대한 예이다.

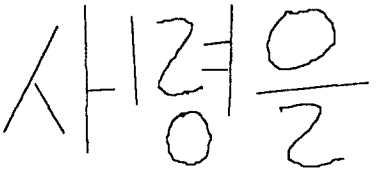


그림 10. 획의 소속에 따른 오인식이 가능한 예
Fig. 10. An example of misrecognition due to misclassification of a stroke.

위의 그림에서는 '명'자의 처음 획'ㅣ'이 앞뒤의 문자에 대한 소속이 불분명하여 이 획의 포함여부에 따라 두 가지 경우로 인식될 수 있다. 즉, 앞의 문자에 포함될 경우에는 '새'자를 형성하고 뒤의 문자에 포함될 경우에는 '명'자를 형성하게 된다. 외부 분할에 의한 경우에는 이 획을 미리 앞 또는 뒤의 문자에 포함시킨 후에 인식을 행하므로 '사명' 또는 '새령' 둘 중의 한 가지 경우만을 인식 결과로 하게 되므로 오인식을 발생시킬 가능성이 커지게 된다. 그러나 내부 분할에서는 이 두 가지 경우를 모두 고려하여 인식이 끝난

후에 획의 소속을 판단하므로 전체적인 인식 성능이 향상된다. 두 가지 분할 방법에 있어서의 인식 시간은 내부 분할이 다양한 많은 조합의 가능성을 고려하므로 더 많은 시간을 필요로 할 것처럼 보이지만, 거리 정보를 이용하여 문자의 끝을 판별하는 경우에는 여러 후보 단어들 중에서 다른 문자로 시작되는 후보 단어들을 인식 대상에서 제외시키므로 비슷한 시간이 소요된다.

2. 내부 분할에서 거리 정보의 사용 여부에 따른 성능비교

내부 분할에서의 단어 및 문자에 대한 인식 성능을 평가하기 위하여 이 논문에서는 내부 분할 방법에 대하여 두 가지로 나누어 평가하였다.

첫 번째로 가로축의 공간적 정보를 사용하지 않고, 각 인식단계에서 발생하는 문자의 조합에 따른 가능성만으로 문자의 분할을 행하여 단어별로 입력되는 문자의 인식률을 측정하였다. 이때에도 인식되는 도중에 문자의 에러가 발생하면 그때까지의 인식결과를 출력하고, 다시 다음 문자부터 인식을 행하였다. 그 결과 문자를 오인식하는 경우가 발생하여 낱개의 문자에 대한 인식률이 다소 저하되어 94.0%의 인식률을 얻었다.

둘째로 단어의 가능성만을 고려한 내부 분할 방법과 이와 함께 거리 정보까지 사용한 내부 분할 방법에 대하여 문자간의 거리를 인위적으로 변화시키면서 인식률의 변화를 측정하였다. 그 결과 두 경우 모두 문자간의 중첩이 심한 경우에는 문자의 조합 형성에 실패하여 인식률이 다소 저하되었다. 그 이유는 자소나 문자의 인식 시에 방향을 고려하여 인식을 수행하므로 문자의 많이 겹쳐진 경우에는 자소나 문자의 형성에 실패하기 때문이다. 이때, 문자간의 거리가 중첩이 심한 경우에는 공간적 정보를 사용한 경우가 가능성만으로 문자를 분할한 경우보다 약간 낮은 인식률을 가진다. 이것은 중첩이 심한 경우에 오히려 공간적 정보에 의한 판별이 역효과를 가져왔기 때문이다. 이러한 요인들은 문자간의 거리가 점차로 멀어짐에 따라 사라지며 문자간의 거리가 어느 정도 이상이면 후자의 경우가 안정된 인식률을 나타냄을 알 수 있다. 이것은 실제 필기 데이타가 갖는 공간적 정보를 이용함으로써 문자의 판별이 애매한 경우에 올바른 판단을 수행하기 때문이다.

표 2. 거리의 변화에 따른 내부 분할의 문자 인식률(총 5715문자)

Table 2. Character recognition rates of the internal segmentation method.

문자간의 거리(cm)	가능성만을 고려한 경우	공간적 거리를 이용한 경우
0	93.7%	92.8%
0.5	94.0%	94.5%
0.9	94.0%	94.5%

VI. 결 론

이 논문에서는 외부 분할 인식 방법의 여러 가지 단점을 보완하기 위하여, 연속 필기시에 문자간의 분할을 필기자에게 요구하지 않고 인식과 동시에 한 문자의 끝을 자동으로 판단하는 내부 분할 알고리듬에 대해 제안하였다.

실험 결과, 내부 분할 방식이 문자간 거리에 거의 상관없이 안정적인 인식 성능을 발휘함을 알 수 있었다. 외부 분할에서는 획간의 거리에 의하여 미리 한 문자에 대한 구분을 한 후에 인식을 행하므로, 내부 분할에 비하여 인식률이 상대적으로 떨어지는 요인이 된다. 그러나, 내부 분할에서는 단어 인식 단계까지 계층적 구조에 따른 다양한 조합의 가능성을 모두 고려하므로, 미리 한 문자를 판단하는 경우보다 안정된 인식 성능을 지니게 된다. 또한 문자의 조합과 공간적 거리정보를 동시에 사용함으로써 문자의 가능성만으로 인식하는 경우에 발생할 수 있는 오류를 보정할 수 있었다. 그러나 문자의 거리가 가까워져 문자의 중첩이 생기는 경우에는 오히려 거리정보의 이용이 인식률을 낮추는 결과를 가져왔다.

앞으로는 문자간의 중첩이 심하거나 문자간의 간격이 떨어진 경우에도 한 문자열에서 애매한 단어를 정확히 판정할 수 있는 분할 방법에 대한 연구와 인식 도중에 에러가 발생한 문자를 정확히 추출하여, 다음 문자의 인식에 주는 영향을 최소로 할 수 있는 방법도 보완되어야 한다.

참 고 문 헌

[1] Ching Y. Suen, Marc Berthod, Shunji Mori, "Automatic Recognition of Handprinted Characters - The State of the Art," *IEEE Proceedings*, Vol. 68, No. 4, April. 1980.

[2] R. M. Brown, "On-line Computer Recognition of Handprinted characters," *IEEE Trans. Electron Comput.*, Vol. 13, pp. 750-752, Dec. 1964.

[3] M. Hosoka and K. Fumihiko, "An interactive Geometrical Design System with Handwriting," in *Proc. Int. Fed. Information Processing Soc. Cognr.*, pp.167-172, 1977.

[4] Fathallah Nouboud, Rejean Plamondon, "On-Line Recognition of Handprinted Characters:Survey and Beta Tests," *Pattern Recognition*, Vol. 23, No. 9, pp. 1031-1044, 1990.

[5] Eberhard Mandler, "Advanced Preprocessing Technique for On-line Recognition of Handprinted Symbols," *Computer Recognition and Human Production of Handwriting*, Ebs. R. Plamondon, C. Y. Suen & M. L. Simmer, World Scientific pbl., pp.19-36, 1989.

[6] C. C. Tappert, "Cursive Script Recognition by Elastic Matching," *IBM J. Res. Develop.*, Vol. 26, pp.765-771, Nov. 1982.

[7] 구본석, 전병환, 박명수, 김성훈, 안진모, 김재희, "PEN 컴퓨터의 문자인식을 위한 전처리 기법에 관한 고찰," 대한전자공학회 추계종합학술대회 논문집, 제14권 제2호, pp.720-724, 1991. 11.

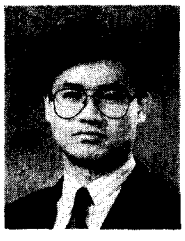
[8] 김태균, 이은주, "한글에 적합한 획 해석에 의한 연속 필기 한글의 On-line 인식에 관한 연구," 한국정보과학회 논문지, 제15권 제3호, pp.171-181, 1988. 6.

[9] 유승필, 김태균, "속성문법을 이용한 필기체 한글 문서 내의 자모인식," 대한전자공학회 논문지, 제26권 3호, pp.392-400, 1989. 3.

[10] W. W. Loy, I. D. Landau, "An On-Line Procedure Recognition of Handprinted Alphanumeric Characters," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. PAMI-4, No. 4, July. 1982.

[11] 전병환, 김성훈, 김재희, "퍼지 결정 트리를 이용한 온라인 필기 문자의 계층적 인식", 대한전자공학회 논문지, 제31권 B편 제3호, pp. 132-140, 1994. 3.

저 자 소 개



鄭 鎭 榮(正會員)

1991年 연세대학교 전자공학과 학사. 1993年 연세대학교 대학원 전자공학과 석사. 1993年 ~ 현재 연세대학교 전자공학과 박사과정. 주관심분야는 인공지능, 패턴 인식, 컴퓨터 비젼 등임.

全 炳 煥(正會員)

1989年 연세대학교 전자공학과 학사. 1991년 연세대학교 대학원 전자공학과 석사. 1992년 ~ 현재 연세대학교 전자공학과 박사과정. 주관심분야는 인공지능, 패턴 인식, 문자 인식 등임.

金 在 熹(正會員) 第 32卷 B編 第 2號 參照
현재 연세대학교 전자공학과 교수

金 雨 成(正會員) 1981년 연세대학교 전자공학과 학사. 1983년 KAIST 전기 및 전자공학과 석사. 1991년 KAIST 전기 및 전자공학과 박사. 1983년 ~ 현재 한국통신 연구개발원 선임연구원.