한글 자소의 획 정보에 의한 멀티미디어 단말기에서의 온라인 한글 문자 인식

On-Line Korean Character Recognition by the Stroke Information of Korean Phoneme in Multimedia Terminal

오준택, 모문정, 이우범, 김욱현

Juntaek Oh, Momoon Jung, Woobeom Lee, Wookhyun Kim

요 약

멀티미디어 단말기에서의 사용자 인터페이스를 위한 한글 문자 인식기술은 빠른 처리시간과 높은 인식률을 요구한다. 따라서 본 논문에서는 특징점, 특징벡터, 가상벡터, 획간의 위치관계와 한글의 특성정보를 이용한 자소와 문자 인식기술을 제안한다. 그리고 사용자의 다양한 필체 유형에 따른 자소와 문자 인식을 위해서 한글의 특성정보와 다양한 획 정보로 구성된 한글 데이터 베이스를 구축한다. 또한, 복잡한 자소 분리 처리과정의 단순화를 위해서 획간의 위치관계에 의한 순차적 처리와 각 자소들이 가지는 획 수의 변경에 의한 백트래킹 처리를 사용한다. 제안된 온라인 한글 문자 인식기는 상용 1,200단어 중 10명이 필기한 총 600문자를 대상으로 실험한 결과 95%이상의 인식률과 13msec의 평균문자처리시간을 얻었다.

ABSTRACT

The Korean character recognition technology for user interface in multimedia terminal requires fast processing time and high recognition rate. In this paper, we propose an phoneme and character recognition technology which uses characteristic information of korean and features of input strokes, i.e, feature point, feature vector, virtual vector, position relation between strokes. And, a recognition both phoneme and character by the various writing types of users uses korean database. The Korean database has been constructed by the characteristic information of korean and phoneme models which have various stroke information. Also, we use successive processing by the position relation between strokes and backtracking processing by the modification processing of stroke numbers which composed of each phoneme. This method reduces the complex processing of phoneme separation. The proposed on-line korean character recognition system has obtained 13msec average character processing time and correct recognition rate more than 95% in a recognition experiment, where we tested 600 characters written by 10 people among 1,200 words.

I. 서 론

인텔리젼트 멀티미디어 단말기술은 인간-기계 사이의 인터페이스 구현을 위해 음성, 제스처, 필기 등의 멀티미디어 정보를 멀티모드로 이용하여 사용자의 의도를 충분히 전달할 수 있고 기계측에서는 이들 정보를 통합하여 이해하게 함으로써 전달하고자하는 정보를 완전히 획득할 수 있는 휴먼 인터페이스 핵심기술을 중점적으로 연구하여 개별적인 시스템 성능을 획기적으로 개선하기 위한 구현기술을 목적으로 한다. 그림 1은 이러

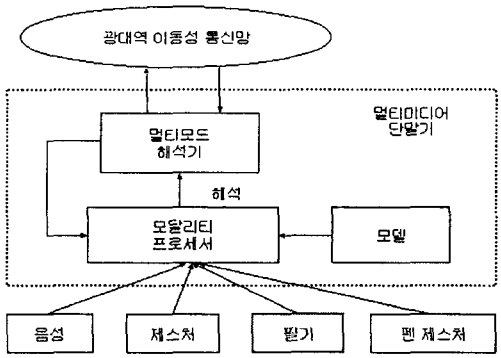


그림 1. 멀티미디어 단말기의 기본 구성도
Fig. 1 The Fundamental Construction of Multimedia Terminal

한 인텔리전트 멀티미디어 단말기에서 멀티미디어 정보를 처리하는 기본 구성도이며 멀티미디어 정보의 통합을 위한 멀티미디어 단말기에서의 모달리티 프로세서, 멀티모드 해석기의 처리과정을 보여준다. 멀티미디어 단말기에서의 한글 문자 인식은 멀티 모달 인터페이스의 핵심요소로서 이동 환경에서 사용자의 다양한 요구사항을 처리하는 지능형 단말기의 구현을 위해 필수적인 과제이며 다양한 사용자에 대해 인간과 컴퓨터간의 폭 넓은 인터페이스 구축과 각 모듈간의 통신을 위해 처리과정을 간소화되어야 한다.[1, 2] 본 논문에서는 멀티미디어 단말기의 적용을 위한 한글 문자 인식 기술을 제안한다.

온라인 한글 문자 인식은 펜에 의해 획을 써가는 동안 필기된 문자에 대해 인식작업을 수행함을 의미하며 펜 기반의 문자 인식에 관한 연구가 국내에서도 지난 10여년 동안 꾸준히 진행되어 왔다.[3, 4] 기존의 한글 문자 인식방법은 한글의 모양이 계층적 구조를 가지고 모아쓰기를 하므로 한글의 특성인 자소를 구성하는 획의 모양과 위치관계, 문자를 구성하는 자소의 위치관계에 민감하다.[3, 8] 특히 자소와 문자 분리 작업을 위해서 공간적인 정보, 시각적인 정보뿐만 아니라 여러 가지 정보들의 조합에 의해 얻어진 정보로부터 자소 분리를 수행하므로 복잡한 계산량이 요구된다.[5] 또한 분리된 자소도 동일한 필기자의 필기상태에 따라 많이 변형되어지기 때문에 이와 같은 자소와 문자를 인식하기 위한 많은 문제점을 수반한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 자소별 분리의 특징을 가지면서 문자별로는 분리나 비분리만을 전제로 한 구문론적 방법[6, 8, 12], 패턴정합 방법[9, 10], 신경망을 이용한 방법[7], 퍼지 알고리즘을 이용한 방법 및 통계적 방법[11] 등 여러 가지 방법이 사용되었다.[6, 8] 그러나 구문론적 방법[5, 6, 8, 12]과 패턴정합 방법[9, 10]은 패턴의 구조가 명확해야 하고 정확한 패턴 인식과 계산상의 효율성을 목적으로 하므로 정확한 획 해석에 의한 정보와 엄격하고 복잡한 인식과정을 요구한다. 그러므로 정의된 자소 패턴에 대해서 변형된 패턴인식에 어려움이 따르고 인식대상의 패턴이 복잡하여 많은 처리량이 요구될 뿐만 아니라 단순한 패턴 매칭이나 백트래킹은 오인식을 유발한다. 신경망[7, 11]은 변형된 자소나 문자에 대한 인식성은 높으나 자소 및 문자 인식과 자소 분리에 많은 처리시간이 소요되고 반복을 통한 학습으로 중복 인식이 발생하므로 실시간 수행의 어려움과 후처리 단계를 필요로 한다. 이러한 기존 인식방법들은 대부분 복잡한 인식처리과정을 요구하며 자소 분리의 경우 적합한 획의 분리가 실패하면 모든 처리과정이 재수행되므로 빠른 처리속도를 요구하는 멀티미디어 단말기에는 적합하지 않다.

본 논문에서는 멀티미디어 단말기술의 필기부분인 문자 인식 처리과정의 단순화뿐만 아니라 인식률을 높이면서 다양한 사용자에게 적용 가능한 온라인 한글 문자 인식기술을 제안한다. 복잡한 정보 추출과 인식과정을 요구하는 기존의 인식방법과는 달리 입력 획에 대해 특징점, 특징벡터, 가상벡터, 획간의 위치관계정보 등 최소한의 획 정보와 한글의 구조적 특성을 이용하여 한글 데이터 베이스와의 간단한 비교 · 검색과정에 의해 자소와 문자를 인식하는 인식과정을 단순화한다. 한글 데이터 베이스는 높은 인식을 위해 자소에 대한 획 정보와 한글의 구조적 특성으로 구축되며 하나의 자소에 대해 다양한 패턴 정보를 저장하여 변형된 자소의 다양한 패턴에 대해서도 인식이 가능하다. 자소 인식과 병행되어 처리되는 자소 분리과정은 획간의 위치관계정보를 이용한 순차적 자소 분리와 각 자소들을 구성하는 획수의 변경에 의한 백트래킹 자소 분리로 구성된다. 자소 간의 겹침이 없는 간단한 문자일 경우 순차적 자소 분리에 의해 처리되며 자소 분리 실패 시 한글의 구조적 특성에 의해 각 자소별 인식하는 백트래킹 자소 분리를 병행하여 수행함으로써 특징정보의 재추출과정없이 자소를 이루는 획 수를 변경하여 각 자소별 인식이 수행됨으로

기존의 자소 분리에 비해 효율적으로 수행된다.

Ⅱ. 온라인 한글 문자 인식 시스템

그림 2는 본 논문이 제안하는 온라인 한글 문자 인식 시스템에 대한 전체 처리과정을 나타낸다. 인식 시스템은 크게 전처리과정, 특징추출과정, 인식과정으로 구성되며 자소와 문자 인식을 위해 한글 데이터 베이스를 이용한다. 전처리과정은 입력 획에 대한 잡음 제거와 개선 과정으로 정규화, 난폭점 제거, 고립점 제거, 평활화 과정으로 구성되며 특징추출과정은 개선된 입력 획의 좌표 데이터 열로부터 자소와 문자를 인식하기 위한 획 정보를 추출하는 과정으로 특징점 추출, 장식선, 고리 제거, 특징벡터와 가상벡터 추출, 상관관계인 자소의 위치관계와 자소 간의 포함관계 추출과정으로 구성된다. 인식과정은 추출된

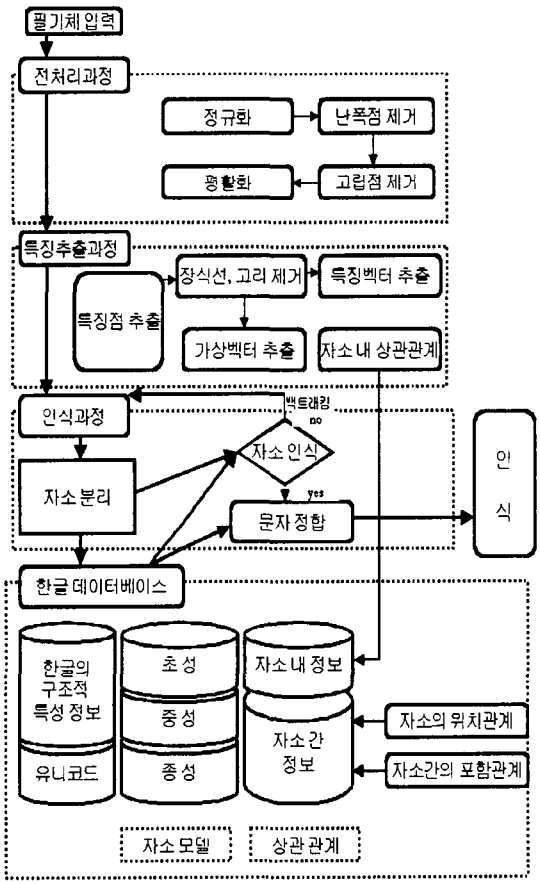


그림 2. 온라인 한글 문자 인식 시스템
Fig. 2 The On-Line Korean Character Recognition System

정보들을 이용하여 한글 데이터 베이스와의 연동에 의해 자소와 문자를 인식하기 위해 자소 인식, 문자 정합, 자소 분리과정으로 구성된다. 자소와 문자 인식을 위해 이용되는 한글 데이터 베이스는 자소 모델, 상관관계정보, 유니 코드 2.0 정보를 기초로 구축되었다.

2.1 전처리과정과 특징추출과정

전처리과정은 입력 획으로부터 좀 더 나은 특징들을 추출하기 위해 좌표데이타열을 변환하는 과정이며 특징추출과정은 개선된 입력 획 정보로부터 자소를 인식하기 위해 필요로 하는 특징들만을 추출하는 과정이다.

2.1.1 전처리과정

전처리과정에서는 입력 획의 좌표열로부터 좀 더 나은 특징들을 추출하기 위해 불필요한 정보를 제거하거나 좀 더 나은 정보로 개선하기 위한 특징추출과정이전에 필요로 하는 처리과정으로 크기 정규화, 난폭점 제거 및 교정, 고립점 제거, 평활화 과정으로 구성된다.

가. 크기 정규화

입력장치에 따라 입력문자의 크기는 변화가 많으므로 입력 문자의 크기를 일정한 크기로 변환하여 인식에 사용되는 문자를 규정하는 과정으로써 입력 획을 구성하는 점을 문자의 중앙이나 왼쪽 모서리에 재배치시킴으로서 점들의 위치를 조정하는 작업이다.

$$Char=(S_1, S_2, \ldots, S_i, \ldots, S_{N-1}, S_N) \quad (1)$$
$$S_i=(P_{i,1}, P_{i,2}, \ldots, P_{i,j}, \ldots, P_{i,M_{i-1}}, P_{i,M_i})$$
$$1\le i\le N,\ 1\le j\le M_i$$

식 (1)에서 $Char$는 N개의 획 S_i로 구성되어져 있으며 M_i개의 점 $P_{i,j}$로 구성된 S_i라면 아래의 식에 의해 정규화된다.

$$W_{i,j}=MaxX_{i,j}-MinX_{i,j} \quad (2)$$
$$H_{i,j}=MaxY_{i,j}-MinY_{i,j}$$
$$X_{i,j}=NormW\times\frac{X_{i,j}-MinX_{i,j}}{W_{i,j}}$$

$$Y_{i,j} = NormH \times \frac{Y_{i,j} - MinY_{i,j}}{H_{i,j}}$$

식 (2)에서 $MaxX_{i,j}$, $MinX_{i,j}$, $MaxY_{i,j}$, $MinY_{i,j}$는 전체 입력 획의 좌표열에서 최대,. 최소값을 나타내며 입력 획의 크기를 300 × 300로 하기 위해 NormW와 NormH를 300으로 설정하여 입력 획의 좌표열 데이터 $X_{i,j}$, $Y_{i,j}$를 변환한다.

나. 난폭점 제거 및 교정

기계적인 결함에 의해 입력 패턴에 이상한 직선이나 손이나 펜의 무게, 전자 평판과의 접촉 등에 의하여 손의 움직임에 제약을 받아 고속이나 가속도가 큰 점 등을 교정 또는 제거하는 과정으로써 세 점을 대상으로 점들간의 거리 차에 따라 대상점을 난폭점으로 규정하고 이를 이웃하는 점들간의 평균값으로 대치함으로써 교정하거나 너무 심한 거리 차에 의한 난폭점을 제거한다. 아래의 식 (3)을 이용하여 대상점에서 인접한 점과의 거리 d_1, d_2와 주어진 α(0.8)에 의해 난폭점을 규정한다.

$$d_1 = \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2} \qquad (3)$$

$$d_2 = \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}$$

$$If\ d_1 \geq \alpha \times d_2, then\ (x_i, y_i)\ is\ 난폭점$$

where $\alpha = 0.8$

다. 고립점 제거

훈련이 되지 않은 필기자들에 의해 삽입되는 불필요한 독립된 정보들을 제거하기 위한 과정으로써 식 (4)에 의해 획에 대한 거리, 획의 너비와 높이가 실험에 의해 주어진 임계치(a)보다 작으면 이를 고립점으로 규정하고 제거한다.

$$d_1 = \sqrt{(sx - ex)^2 + (sy - ey)^2} \qquad (4)$$

$$W = MaxX - MinX$$

$$H = MaxY - MinY$$

$$If\ (d_1, W, H) \leq a, then\ S_i\ is\ 고립점$$

$$where\ a = 15$$

식 (4)에서 d_1는 획의 시작점(sx, sy)와 끝점(ex, ey)간의 거리를 나타내고 W와 H는 획을 포함하는 최소외접사각형의 너비와 높이를 나타낸다. 추출된 세 개의 변수가 임계값(a)보다 작으면 고립점으로 규정한다.

라. 평활화

평활화는 원래 패턴의 특성을 잘 살려서 인식에 용이하도록 하기 위해 이웃하는 점들과의 평균을 구하여 점들의 위치를 고르게 하는 과정으로써 필기 시 발생되는 작은 떨림이나 잡음의 첨가로 인하여 생기는 왜곡현상을 제거하기 위해 해닝 창(hannig window) 기법을 이용한다. 아래의 식 (5)를 이용하여 대상점(x_i)으로부터 인접한 두 개의 점(x_{i-1}, x_{i+1})과의 평균에 의해 대상점을 변환한다.

$$x_i = \frac{1}{4} x_{i-1} + \frac{1}{2} x_i + \frac{1}{4} x_{i+1} \qquad (5)$$

2.1.2 특징추출과정

전처리 과정을 거친 개선된 입력문자를 구성하는 획들의 좌표 데이터 열로부터 자소 인식을 위해 획 정보를 추출하기 위한 과정으로 특징점,

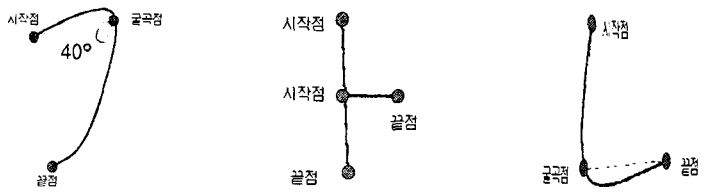
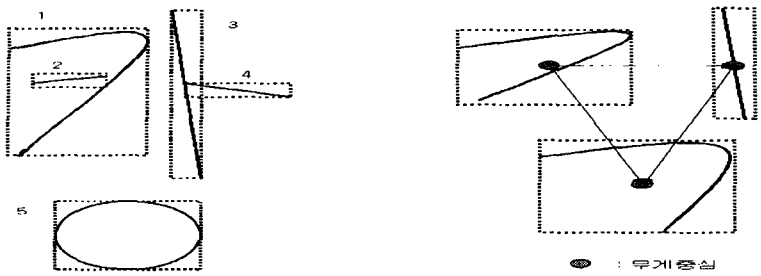


그림 3. 특징점 추출 예 - '간'

Fig. 3 Examples of Feature Point Extraction - '간'



(a) 포함관계추출 - '캉'　　(b) 위치관계추출 -'긱'

그림 4. 획간의 위치관계 정보 추출의 예
Fig. 4 Examples of Position Relation Information Extraction between Strokes

고리, 장식선과 인접한 특징점 제거, 특징벡터, 가상벡터, 획간의 위치관계정보를 추출한다.

가. 특징점 추출 및 고리, 장식선과 인접한 특징점 제거

획들의 좌표 데이터열로부터 정보의 양을 줄이기 위해서 획에서 필요로 하는 특징점만을 추출한다. 특징점은 획의 시작점, 끝점, 굴곡점으로 정의하며 굴곡점은 인접한 점의 각도의 변화와 전 참조점(특징점)과의 각의 변화가 임계치(40°)보다 큰 점으로 정의하였다. 그림 3은 입력 문자 '간'에 대한 각 자소별 특징점 추출을 보여주는 예이다. 또한 각도의 변화가 여러 번 있을 수 있는 획의 시작과 끝 부분에서 추출된 특징점은 집중적으로 한 곳에 여러 개가 존재할 수 있고 이는 불필요한 정보가 되므로 고리, 장식선과 인접한 특징점 제거과정에 의해 반드시 필요로 되는 획의 특징점을 추출한다.

고리, 장식선 및 인접한 특징점 제거 : 획의 시작이나 끝 부분에서 펜의 부정확한 접촉에 의해서 생기는 고리(hook)와 사용자에 의해서 습관적으로 발생되는 장식선(serif)과 펜에 대한 미숙으로 인해 한 곳에 집중적으로 많은 특징점들이 생성될 수 있다. 이러한 불필요한 정보를 제거하기 위해 획의 시작점과 끝점에서 획이 가지는 특징점들에 대해 특징점의 수가 적고 각의 변화량이 크면 고리, 장식선으로 간주하여 제거하고 획을 구성하는 특징점을 대상으로 주어진 거리(15)에 비해 많이 존재하는 특징점들을 불필요한 특징점으로 간주하여 제거한다.

나. 특징벡터와 가상벡터

특징벡터는 추출된 특징점들간의 진행방향에 대한 정보로써 8 방향 체인 코드를 사용하여 추출한다. 또한 특징벡터만으로 획에 대한 구조적인 표현을 나타내기에는 부족하기 때문에 각 획에 대한 구조적인 위치관계정보인 가상벡터를 추출한다. 가상벡터는 이전 획의 마지막 점과 현재 획의 시작점에 대한 방향 정보(Tail to Head), 이전 획의 시작점과 현재 획의 시작점에 대한 방향 정보(Head to Head), 전체 획의 마지막 획의 끝점과 전체 획의 시작 획의 시작점에 대한 방향 정보(Last Tail to First Head)로 구성되어지며 자소 인식을 위해 자소 내 획들의 위치관계나 자소 간 획들의 위치관계정보로 이용된다.

다. 획간의 위치관계(상관 관계 정보)

자소 분리와 인식을 위해 획간에 이루어지는 획들의 상대적인 위치정보인 획의 상대적 포함관계와 획의 위치관계 정보를 추출한다. 획의 상대적 포함관계는 현재 획을 포함하는 최소외접사각형이 인접한 획들의 최소외접사각형간의 인접한 정도를 나타내는 정보로써 포함, 겹침, 분리로 나누어진다. 그림 4.(a)는 입력 문자 '캉'에 대한 포함관계정보추출을 위한 예를 보여준다. 점선사각형은 각 획의 전체 크기를 나타내고 있고 번호는 점선사각형의 획 번호이다. 즉 점선사각형 1은 획 'ㄱ'에 대한 전체 크기를 나타내고 있다. 점선사각형 1에 점선사각형 2가 포함되어 있고 점선사각형 1, 3, 5는 서로 분리되어있으며 점선사각형 3과 4는 겹쳐져 있음을 포함, 겹침, 분리에 대

한 정보로 추출한다. 획의 위치관계는 현재 획의 전체크기에 대한 무게중심과 문자를 이루는 획의 전체 크기에 대한 무게중심과의 방향정보를 나타낸다. 그림 4.(b)는 입력 문자 '긱'에 대해서 획 전체 크기의 무게중심에서 각 획마다의 전체크기의 무게중심간의 방향정보추출에 대한 예를 보여준다. 이러한 정보들은 자소 분리에서 순차적 자소 분리와 인식을 위한 한글의 구조적 특성정보로써 이용된다.

2.2 자소와 문자 인식

특징추출과정에 의해 추출된 특징을 이용하여 자소와 문자 인식을 수행한다. 먼저 자소 인식을 위해 입력 획에 대한 자소 분리가 이루어진다. 본 논문에서의 자소 분리는 입력 획에 대해서 초성, 중성, 종성이 가지는 전체 획의 개수를 나눔을 의미하며 자소 분리에 의해 분리된 획 수의 획 정보를 가지고 한글 데이터 베이스와의 비교·검색에 의해 자소 인식을 한다. 자소 인식에 의해 인식된 각 자소들의 정보를 유니 코드 2.0의 부 코드로 변경하여 문자 인식을 수행한다.

2.2.1 자소 분리와 인식

한글 문자 인식에 있어서 자소 분리는 각 자소별 인식을 위해 반드시 필요한 과정이다. 본 논문에서는 순차적 자소 분리와 백트래킹 자소 분리를 이용한다. 입력 획에 대한 획간의 위치관계에서 포함관계정보가 분리일 경우 다른 자소로 인식하는 순차적 자소 분리는 간단한 처리방법을 가진다. 그러나 복잡한 입력 문자일 경우 여러 개의 획이 포함, 겹침일 경우 정확한 자소 분리 능력이 미흡하다. 이러한 자소 분리를 향상하기 위해 자소 인식과정에서 오인식 자소를 초래했을 경우 백트래킹 자소 분리가 적용된다. 기존의 백트래킹 자소 분리는 단순한 백트래킹 처리과정이며 입력 획에 대해 모든 과정을 재처리해야하므로 비효율적이다. 본 논문에서의 백트래킹 자소 분리는 자소별 인식에서 잘못된 결과를 초래할 경우 입력 문자가 가지는 전체 획의 개수를 각 자소들이 최적으로 인식하기 위한 획의 개수로 분리한다. 그림 5는 백트래킹 자소 분리에 대한 알고리즘을 나타낸다. 백트래킹 자소 분리 알고

```
Step 1. 순차적 자소 분리
Step 2. 초성인식
      if(인식성공) step 3,
      else 백트래킹 적용, 초성재인식
Step 3. 중성인식
      if(인식성공)
            if(종성이 없는 경우)
                  자소 분리종료, 문자인식
            else step 4,
      else 백트래킹 적용, step 3
      if(재인식성공) step 4,
      else 백트래킹 적용, step 2
Step 4. 종성인식
      if(인식성공) 자소 분리 종료, 문자인식
      else 백트래킹 적용, step 3
            if(중성재인식성공)
                  if(종성재인식성공) 자소 분리 종료, 문자인식
                  else 백트래킹 적용, step 2
            else 백트래킹 적용, step 2
```

그림 5. 백트래킹 자소 분리 알고리즘

Fig. 5 The Backtracking Phoneme Separation Algorithm

리즘은 한글의 자소 간 결합 정보인 종성의 유무에 의해 각 자소들에 대한 백트래킹을 적용하고 획 정보를 그대로 유지함으로써 기존의 백트래킹 알고리즘과는 다른 특징을 지니며 각 자소의 인식성공여부에 따라 백트래킹을 적용하여 자소 인식을 동시에 수행함으로 전체 입력 획에서의 최적의 자소를 인식하여 문자 인식을 수행한다. 또한 순차적 자소 분리에 의해 자소 분리가 성공하면 백트래킹 자소 분리를 적용하지 않고 문자 인식 단계를 수행하므로 기존의 자소 분리 알고리즘과는 달리 간단한 처리과정으로 수행된다.

자소 분리와 병행하여 수행되어지는 자소 인식은 한글 데이터 베이스와의 연동에 의해 이루어진다. 한글 데이터 베이스는 한글의 특성 정보와 초성, 중성, 종성에 대한 다양한 사용자들의 획 정보 등 다양한 정보를 지니고 있다. 한글의 특성 정보인 구조적 유형 정보는 자소 분리와 자소 인식과정의 중성 인식에서 사용되는 자소 간 결합 정보, 모음 정보, 획간의 위치관계 정보, 유형에 따른 자소 분류정보 등을 포함한다. 또한 한가지 필체 유형의 자소만을 정의하는 것은 오인식과 미인식 문자를 초래하므로 다양한 사용자들의 필체 인식을 위해 한글 데이터 베이스는 일반적으로 사용하는 한글 필체에 대해 여러 가지 유형정보를 지닌다. 하지만 너무 심한 곡선이나 자소 간 흘림이 있는 획에 대해서는 한글 정보를 추출하기 힘들기 때문에 본 논문에서는 직선과 완만한 곡선 정보와 다양한 방향의 필체유형을 한글 데이터 베이스에 추가하여 사용하였다. 자소 인식은 입력 획들로부터 자소 분리에 의해 분리된 각 자소를 이루는 획의 특징정보와 한글 데이터 베이스에서의 다양한 획 정보와의 비교·검색작업에 의해 수행되며 추출한 특징만으로는 정확한 인식을 수행할 수 없으므로 한글 데이터 베이스에서의 한글 특성정보를 이용하여 인식작업을 수행한다. 그림 6은 자소 분리와 인식에 대한 수행과정을 나타낸다.

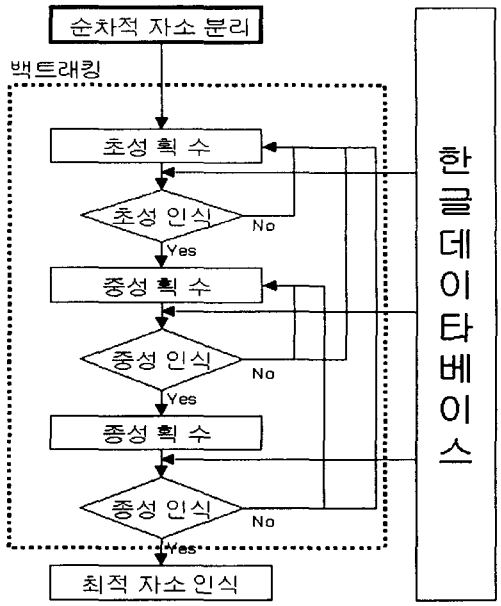


그림 6. 자소 분리와 인식 처리도
Fig. 6 The Processing Diagram of Phoneme Separation and Recognition

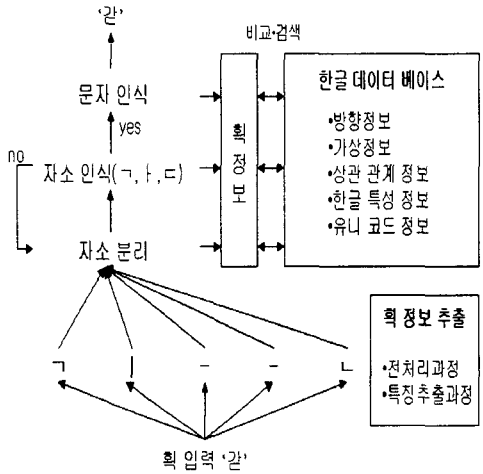


그림 7. 계층적 문자 인식 처리도
Fig. 7 The Hierarchical Processing Diagram for Korean Character Recognition

2.2.2 문자 인식

반복적인 자소 분리와 자소 인식에 의해 전체 입력 획에 대해서 최적의 자소 정보를 추출한다. 인식된 자소의 정보는 한글 데이터 베이스에서 각 자소 모델의 인덱스로 주어지며 인덱스를 유니 코드 2.0의 부코드로 변환시켜 문자를 생성한다. 유니 코드 2.0에서 정의된 한글 음절은 0xAC00 - 0xD7A3이며 모두 11,172문자를 표현할 수 있으며 문자를 생성하기 위해 사용한다. 식 (6)에서의 각 자소별 부코드는 유니 코드 2.0에서 지정한 한글 음절의 순위를 나타낸다.

$0xAC00 + 21 \times 28 \times$ 초성부코드 $+ 28 \times$ 중성부코드 + 종성부코드 (6)

그림 7은 입력 문자 '갇'에 대해 계층적 인식 처리 과정을 나타낸다.

Ⅲ. 실험 및 결과

본 논문은 멀티미디어 단말기에서의 적용을 목적으로 한글의 특성정보와 획 정보를 이용한 온라인 한글 문자 인식기술을 제안한다. 실험에 사용된 입력 장치로는 해상도가 2540LPI인 Acecat Ⅲ 5″× 5″ tablet를 사용하였고 개발 환경은 펜티엄 PC에서 윈도우 환경 하에 개발되었으며 개발 언어는 Java를 사용하였다. 필기에 대한 제한은 문자 단위의 입력과 자소 내의 흘림체는 허용하나 자소 간의 흘림은 배제하였으며 필기자들에게 어느 정도의 훈련을 시킨 후 자연스럽게 쓰도록 요구하였다. 한글 데이터 베이스는 총 20명의 필기자들에 대한 필체 유형 정보로 구축되었다. 상용 단어 1,200 문자를 대상으로 한 인식 실험 결과 한글 데이터 베이스 구축에 참여하지 않은 10명의 필기 한글 600문자에 대해 95%이상의 인식률과 참여한 20명을 추가한 30명의 필기 한글 900문자에 대해 98%이상의 인식률을 보였다. 표 1은 자소와 문자의 인식률을 보여준다. 실험 1은 한글 데이터 베이스에 참여하지 않은 10명에 의해 쓰여진 600문자를 대상으로 한 것이며 실험 2는 한글 데이터 베이스에 참여한 20명과 실험 1의 10명에 의해 쓰여진 900문자를 대상으로 한 것이다. 실험 1은 실험 2에 상대적으로 낮은 인식률을 지니지만 필기자들의 필기형태가 한글의 구조적 특성에 근거하여 쓰여지므로 높은 인식률을 획득하였다. 일정한 표준패턴들에 대해 변형된 문자의 경우 오인식과 미인식을 유발하는 기존의 방법들과는 달리 다양한 자소들의 정보로 구축된 한글 데이터 베이스를 이용하여 독특한 획 방향과 위치관계를 가지고 있는 문자들에 대해서도 인식이 가능하여 전체적으로 높은 인식률을 얻었다. 문자 인식률은 인식된 자소를 기반으로 수행되므로 자소 인식률보다 상대적으로 낮게 나타났다. 그림 8은 인식 가능 문자와 불가능 문자를 보여준다. 백트래킹 자소 분리는 복잡한 자소들간의 겹침이 있는 문자들에 대해

표 1. 자소와 문자 인식률

Table. 1 Phoneme and Character Recognition Rate

구분		총 수	정인식	오인식	미인식	인식률
실험 1	자소인식	1500	1450	35	15	96.67%
	문자인식	600	572	26	2	95.3%
실험 2	자소인식	2400	2370	25	5	98.7%
	문자인식	900	885	12	3	98.3%

표 2. 자소 분리에 의한 처리 시간

Table 2. Processing Time by Phoneme Separation

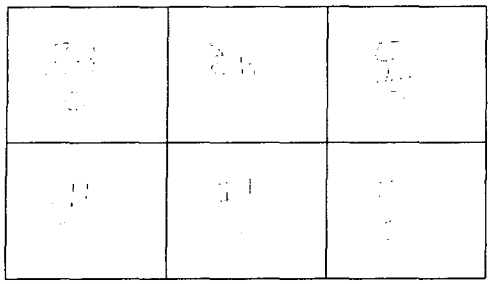
구분	인식 문자	처리개수	평균처리 시간	전체평균 처리시간
순차적 자소분리	600	248	3.01msec	13msec
백트래킹 자소분리		352	19.8msec	

자소별 백트래킹을 적용함으로써 평균 19.8msec의 처리 시간을 가지며 자소들간의 겹침이 없는 간단한 문자들에 대해 효율적인 순차적 자소 분리는 3.01msec의 처리 시간을 얻었다. 표 2는 자소 분리에 의한 처리 시간을 보여준다. 인식과 분리를 위해 복잡한 재처리과정을 요구하는 기존의 방식과는 달리 순차적 자소 분리와 백트래킹 자소 분리를 이용함으로써 13msec의 평균 문자 인식 처리 속도와 95%이상의 인식률을 가지므로 빠른 처리속도와 높은 인식률을 요구하는 멀티미디어 단말기의 적용이 가능하다.

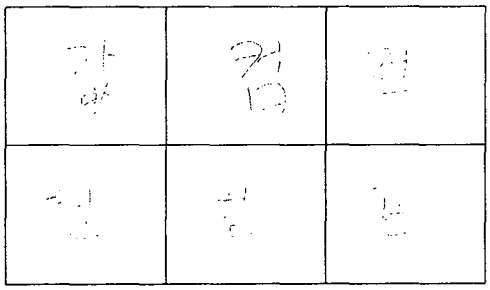
오인식과 미인식의 원인은 그림 8.(c)처럼 자소 간에 흘림이 가미된 지나친 획의 변형으로 인해 한글 데이터 베이스에 없는 필체 정보이거나 문자를 구성하는 입력 획에 대해 회전이 가미된 경우였다. 이는 잘못된 특징벡터, 가상벡터, 상관관계 정보 등을 추출하므로 한글의 구조적 특성을 기반으로 한 한글 데이터 베이스에 의한 인식에는 어려움이 있었다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 다양한 패턴의 자소 정보로 구축된 한글 데이터 베이스나 변형이 가미된 자소에 대한 인식방법이 요구된다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 멀티미디어 단말기의 적용을



(a) 순차적 자소 분리에 의한 인식 가능 문자



(b) 백트래킹 자소 분리에 의한 인식 가능 문자

(c) 인식 불가능 문자

그림 8. 인식 가능 문자와 불가능 문자
Fig. 8 The Recognition Possible Characters(a), (b) and Impossible Characters(c)

목적으로 한글의 특성과 획 정보에 의한 온라인 한글 문자 인식기술을 제안한다. 빠른 처리 과정을 요구하는 멀티미디어 단말기의 적용을 위해 특징추출과정에서는 자소 인식을 위한 최소한의 특징정보를 추출하여 인식처리과정을 감소하였고 인식을 위해 이용되는 한글 데이터 베이스는 필기자들의 다양한 자소 정보들을 바탕을 구축되어 다양한 획의 방향이나 사용자 정의의 자소 패턴에 대한 기존 방식의 오인식과 미인식 문자들을 줄였다. 자소 인식은 한글 데이터 베이스의 자소 모델, 한글의 구조적 특성, 상관관계정보를 이용함으로써 간단한 비교·검색과정에 의해 처리되며 자소 분리와 병행하여 수행됨으로써 기존의 많은 처리과정을 요구하는 방법과는 달리 빠른 처리과정에 의해 수행된다. 자소 분리는 획간의 위치관계정보에 의한 순차적 자소 분리와 특징정보의 재추출과정없이 입력 문자의 종성 결합정보인 한글의 구조적 유형에 근거한 자소들이 이루는 획 개수의 변경에 의한 백트래킹 자소 분리에 의해 수행된다. 순차적 자소 분리는 자소 간의 겹침이 없는 간단한 문자들의 경우 획간의 위치 관계정보에 의해 효율적으로 분리되며 겹쳐져 있는 획이나 자소들에 대해서 백트래킹 자소 분리는 한글의 구조적 유형에 근거하여 각 자소들에 대해 수행되어지므로 기존의 자소 분리 방식과는 달리 빠른 자소 분리를 수행한다. 이러한 한글 데이터 베이스의 다양한 자소 정보들과 자소 인식 및 분리 방법에 의해 13msec의 평균 문자 처리 시간과 95% 이상의 문자 인식률을 보임으로써 빠른 처리 과정과 높은 인식률을 가져 멀티미디어 단말기로의 적용이 유효함을 확인하였다.

오인식과 미인식 문자들은 지나친 변형에 의해 한글 데이터 베이스에 없는 필체 유형이거나 입력 문자에 회전이 가미된 경우였다. 향후 다양한 사용자들에 대한 필체 유형의 인식을 위해 한글 데이터 베이스의 확장과 본 논문에서 배제한 자소나 문자간의 흘림에 관한 연구가 기대되며 멀티미디어 단말기에 적용시킬 수 있는 펜 제스처 인식기를 개발하면 사용자 인터페이스는 물론 문자 인식기가 가지는 단점을 보완할 수 있으리라 본다.

접수일자 : 2000. 9. 7. 수정완료 : 2000. 10. 25

참고문헌

[1] J.L.Flanagan, "Technologies for Multimedia Communications", Proceedings of the IEEE, Vol. 82, No. 4, 4. 1994

[2] 박창원 외2인, 휴대형 정보 단말기(PDA) 기술 및 현황, 전자공학회지, 제23권, 제7호, pp.91-102, 7. 1996

[3] Sebastiano Impedovo, "Fundamentals in Handwriting Recognition", Springer Verlag, Computer and Systems Sciences, Vol.124, 1993

[4] V.K. Govindan, A.P. Shivaprasad, "Character Recognition - A Review", Pattern Recognition, Vol. 23, No. 7, pp. 671-683, 1990

[5] Hiroki Arakawa, "On-Line Recognition of Handwritten Characters, Alphanumerics,

Hiragana, Katakana, Kanji", Pattern Recognition, Vol. 16, No. 1, pp.9-16, 1983
[6] 김태균, 이은주, "한글에 적합한 획 해석에 의한 연속 필기 한글의 On-line 인식에 관한 연구",한국정보과학회 논문지, Vol 15, No.3, pp.171-181, 1988
[7] 성태진, 방승양, "문자 조합 규칙 학습에 의한 온라인 한글 인식", 한국정보과학회 논문지, 제20권, 제3호, pp.305-316, 3. 1993
[8] 정봉만, 권오석, 김태균, "온라인 입력 한글의 적응 학습과 인식에 관한 연구", 한국정보과학회 논문지, 제16권, 제5호, pp.487-498, 9. 1989
[9] 이희동, 김태균, T.Agui, M.Nakajima, "확장된 DP 매칭법에 의한 흘림체 한글 온라인 인식", 대한전자공학회 논문지, 제26권, 제1호, pp.29-37, 1. 1989
[10] 김성신, 박재성, 김태균, "변형된 DP 매칭과 구조 해석적 방법을 이용한 흘려 쓴 한글 인식", 한국정보과학회 제1회 문자인식 워크샵 발표논문집, pp.181-184, 5. 1993
[11] 신봉기, 김진형, "은닉 마르코프 모델을 이용한 온라인 한글인식", 한국정보과학회 제 1회 문자인식 워크샵 발표논문집, pp. 189-194, 5. 1993
[12] 김성신, 이은주, 권오석, 김태균, "확장된 적응학습법에 의한 연속필기한글의 온라인 인식", 한국정보과학회 논문지, 제21권, 제10호, pp.1968-1977, 10. 1994

오준택(Jun taek Oh)
準會員
1999년 영남대학교 컴퓨터 공학과 졸업 (공학사)
1999-현재 영남대학교 컴퓨터공학과 석사과정
관심분야 : 패턴인식, 영상처리, 컴퓨터비젼

모문정(Mo moon Jung)
準會員
1997년 경일대학교 전자계산학과 졸업 (공학사)
2000년 영남대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학석사)
2000년-현재 영남대학교 컴퓨터공학과 박사과정
관심분야 : 영상처리, 시각정보처리, 패턴인식

이우범(Woo beom Lee)
準會員
1995년 영남대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학사)
1997년 영남대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
2000년 영남대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
2000년-현재 대구과학대학 컴퓨터공학과 전임강사
관심분야 : 패턴인식, 신경망, 영상처리, 컴퓨터비젼

김욱현(Wook hyun Kim)
正會員
1981년 경북대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
1983년 경북대학교 컴퓨터공학과졸업(공학석사)
1993년 일본 쓰꾸바대학 공학연구과 졸업 (공학박사)
1983년-1993년 한국전자통신연구원 선임연구원
1994-현재 영남대학교 전자정보공학부 부교수 관심분야 : 시각정보처리, 패턴인식, 화상처리