

□ 특 집 □

오프라인 필기체 문자 인식 기술의 현황[†] — 한글 인식을 중심으로 —

충북대학교 이 성 환*

● 목	차 ●
I. 서 론	5.1 적응적 패턴 정합을 이용한 분류
II. 문서 구조 분석 및 이해	5.2 은닉 마르코프 모델을 이용한 분류
2.1 문서 구조 분석을 위한 전처리	5.3 획 정합을 이용한 분류
2.2 문서 구조 분석	5.4 신경망을 이용한 분류
2.3 문서 구조 이해	VI. 후처리
III. 전처리	6.1 후처리 방법의 유형
3.1 기울어진 문자열의 교정 및 분할	6.2 한글 후처리의 연구 동향
3.2 비선형 형태 정규화	6.3 한글 후처리의 향후 연구 방향
IV. 특징 추출	VII. 결 론
V. 분류	

I. 서 론

신이 창조한 최고의 걸작품은 자신의 형상을 닮고, 오감을 통하여 밖에서 들어오는 정보를 스스로 깨달으며, 한번 처리한 정보는 잘 축적하여 다음의 정보 처리에 활용함으로써 스스로 학습하고 발전할 수 있는 사람일 것이다. 한편, 사람이 만들어낸 최고의 발명품은 자신과 같은 능력을 구현할 수 있는 기계, 즉 컴퓨터임을 정보화 사회에 살고 있는 현대인의 대부분이 수긍할 것이다. 그러나, 신이 사람에게 자율성과 자가 발전의 기능 등 生靈을 부여한 데 비해, 사람은 자신이 신으로부터 부여받은 것과 같은 기능을 컴퓨터에 주기에에는 처음부터 한계성을 내포하고 있었다. 이러한 기능들을 컴퓨터를 통하여 구현

하는 것은 부분적으로는 가능하겠으나, 완벽한 구현은 영원히 풀 수 없는 숙제로 우리 앞에 남아 있을 것으로 보인다[1].

사람이 지식을 얻는 대부분의 수단은 눈으로 사물을 보거나 귀로 소리를 들어 입력되는 패턴(영상 또는 소리)을 인식하고 그것을 지식으로 축적하는 연속적인 과정이다. 컴퓨터가 사람과 닮은 패턴 인식의 능력을 갖게 될 경우, 수많은 작업의 자동화가 가능할 뿐만 아니라, 컴퓨터와 사람간의 자연스러운 인터페이스가 가능하기 때문에 이를 실현하기 위해 많은 연구자들이 부단한 노력을 경주해 오고 있다.

문자 인식은 패턴 인식의 한 분야로 시각 정보를 통하여 문자를 인식하고 나아가 의미를 이해하는 사람의 능력을 컴퓨터로 실현하려는 시도로써 1970년대 이후 활발한 연구가 수행되었다. 그 결과, 광학 문자 인식, 우편물 자동 분류, 문서 인식, 도면 인식 등의 분야에서 부분적으로

*중심화원

[†]본 연구는 1992년도 한국과학재단 특정기초 연구 과제(과제번호: 92-21-00-05)의 지원을 받았음

실용화가 이루어지게 되었으며, 요즈음에는 인공지능 분야의 최신 기법인 신경망 및 퍼지 이론 그리고 유전자 알고리즘 등의 응용과 자연어 처리, 심리학, 생리학, 인지과학 등 관련 학문과의 접목에 의해 문자 인식 기술은 새로운 단계에 접어들게 되었다.

문자 인식은 문자 영상 정보를 얻는 방식에 따라 온라인 인식과 오프라인 인식으로 나누어지고, 오프라인 인식은 다시 대상 문자가 인쇄된 것인가 필기된 것인가에 따라 인쇄체 문자 인식과 필기체 문자 인식으로 분류된다. 온라인 인식(또는 온라인 필기 인식)은 사람이 펜을 이용하여 종이 위에 글씨를 쓰는 것처럼, 태블릿이라고 하는 장치 위에 철판로 글씨를 쓰는 동안 입력 문자를 인식하는 방식으로, 최근들어 키보드가 필요 없는 컴퓨터인 펜 컴퓨터를 개발하기 위하여 전세계적으로 많은 연구가 이루어지고 있다 [2, 3]. 오프라인 필기체 문자 인식은 종이 위에 필기된 문자의 영상을 광학 스캐너나 카메라와 같은 영상 입력 장치를 이용하여 입력한 다음, 인식하는 방식이다. 온라인 필기 문자 인식에서는 필기시에 시간적 또는 공간적인 정보 즉, 획수, 획순, 각 획에 대한 필기 방향과 획 내에서의 필기 속도 등을 얻을 수 있으나, 오프라인 필기체 문자 인식에서는 이러한 정보들을 찾기 힘들거나 또는 전혀 얻을 수 없다. 따라서, 오프라인 필기체 문자 인식에서는 이러한 정보들을 찾기 위하여 스캐너를 통하여 얻어진 데이터에 대해 윤곽선을 추출하거나 골격선을 추출하는 등의 부가적인 처리 과정을 수행해야 한다. 이러한 점에서 오프라인 필기체 문자 인식은 온라인 필기 문자 인식에 비하여 비교적 많은 양의 정보가 손실된 상태에서 불완전한 전처리 과정을 도입해야 하는 등 문제의 난이도가 훨씬 높다 할 수 있겠다.

오프라인 필기체 문자 인식 기술은 크게 문서 구조 분석 및 이해, 전처리, 특징 추출, 분류, 후처리의 5 단계로 나눌 수 있다. 문서 구조 분석 및 이해 단계는 문서 영상으로부터 문서의 기하학적인 구조와 논리적인 구조를 알아내는 과정이고, 전처리 단계는 문서 입력시 문서의 위치 및 필기자의 습관에 따라 다양한 양상으로 발생하는 문자 영상에서의 변형을 흡수하기 위하여

적용되는 과정이며, 특징 추출 단계는 많은 양의 정보를 내포하고 있는 문자 영상에서 서로 다른 부류의 문자 영상을 구별할 수 있는 특징을 추출하는 과정이다. 분류 단계는 입력 패턴을 각각의 표준 패턴과 비교하여 가장 가까운 표준 패턴의 부류를 인식 부류로 결정하는 과정이며, 후처리 단계는 문자 단위 인식의 한계성을 극복하기 위해 적용되는 과정이다.

한글 인식에 대한 연구는 지난 20여년 동안 꾸준히 진행되었으나 대부분 오프라인 인쇄체 한글 인식 또는 온라인 필기 한글 인식에 중점을 두고 있었기 때문에, 오프라인 필기체 한글 인식에 관한 연구는 초보적인 수준에 있다. 이는 필기체 한글의 경우 입력 문자에 포함된 많은 잡영과 왜곡 그리고 필기자에 따라 다양하게 나타나는 필체의 변형 등을 해결하기가 매우 어렵기 때문이다.

본 고에서는 나날이 증가하고 있는 많은 양의 문서를 효율적으로 처리하기 위한 기술로서 최근들어 관심이 집중되고 있으며 많은 연구가 활발히 시작되고 있는 오프라인 필기체 문자 인식 기술의 현황을 앞서 언급한 5단계에 따라 한글 인식을 중심으로 소개하고자 한다. II장에서는 문서 구조 분석 및 이해 기술을 전반적으로 소개하고, III장에서는 전처리 기술로서 기술어진 문자열을 교정하고 문자 단위로 분할하는 방법과 단일 문자내에서 발생하는 변형을 흡수하기 위한 비선형 형태 정규화에 대한 연구를 소개한다. IV장에서는 특징 추출 기술로서 이진화 과정에서 발생할 수 있는 정보의 손실을 막기 위하여 명도 영상으로부터 직접 특징을 추출하는 방법을 간단히 언급하며, V장에서는 오프라인 필기체 문자 인식 기술을 원형 정합 방법, 확률통계적 방법, 구조적 방법, 신경망을 이용한 방법으로 나누어 살펴 본다. VI장에서는 한글 인식에 있어서의 후처리 기법에 관하여 간단히 기술하고, 마지막으로 VII장에서 결론 및 앞으로의 연구 방향을 논의한다.

II. 문서 구조 분석 및 이해

현재까지 광학 문자 인식에 관한 연구는 상

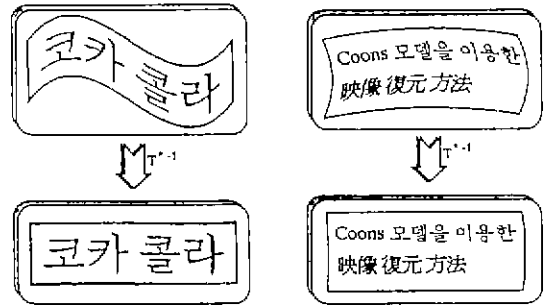
당한 수준에까지 진척되어 이미 선진국에서는 여러 시스템이 실용화되고 있는 반면, 문서 구조 분석 및 이해에 관한 연구는 상대적으로 미흡한 실정이다. 국내에서의 문서 구조 분석 및 이해에 관한 연구는 신문이나 잡지, 교과서 등의 제한된 문서 영상을 대상으로 이루어졌으며, 문서 구조 분석을 통하여 기사를 추출하거나, 문자와 비문자를 분리 추출하는 등의 연구가 대부분을 차지한다[1].

이제까지의 연구를 종합해 보면, 문서 구조 분석 및 이해에 관한 연구는 크게 문서 영상에 대한 전처리, 문서 구조 분석, 문서 구조 이해 분야로 나눌 수 있다. 이러한 관점은 문서의 구조를 기하학적인 구조와 논리적인 구조로 나눌 수 있다는데 근거하고 있다. 즉, 주어진 문서의 기하학적인 구조를 알아내는 과정은 문서의 분석이라고 볼 수 있으며, 이러한 기하학적인 구조로부터 논리적인 구조를 유추해 내는 것은 문서의 이해이라 할 수 있다.

2.1 문서 구조 분석을 위한 전처리

문서를 효과적으로 분석하고 이해하기 위해서는 문서의 상태나 입력 장치의 한계로 인한 잡영이 제거되어야 하며, 문자 부분만을 추출할 수 있도록 하는 영상 향상 기법, 이진화 기법 및 문서가 기울어진 문서일 경우 문서를 바로잡는 기법 등 여러가지 전처리 기법이 필요하다. 영상 향상(image enhancement) 기법은 영상을 효율적으로 처리하기 위해, 선택한 특징을 강조하거나 억제하는데 사용하는 기법이다. 영상 향상 기법은 마스크를 사용하는 공간 영역 방법과 Fourier 변환이나 히스토그램 수정 등을 이용하는 주파수 영역 방법이 있다. 이진화는 명도(gray scale) 영상을 0 또는 1의 이진 영상으로 변환하는 과정으로 전역적 이진화 방법과 적응적 이진화 방법이 있다. 기울어진 문서를 바로잡는 방법에는 Hough 변환을 이용한 방법, 투영 윤곽 분석에 의한 방법 등이 있다[4].

한편, 물체의 기하학적 형태나 입력 장비의 관측 위치에 따라 다양하게 발생하는 문서 영상의 변형은 문서 영상의 이해를 어렵게 하는 요인



(그림 1) 비선형 변형된 문서 영상을 복원한 예

중의 하나이다. 이러한 문제를 해결하기 위한 연구는 문자 인식 기술의 실용화를 위하여 그 필요성을 실감할 뿐 기본적인 연구 방향조차 제시되지 못하고 있는 실정이었다. 그러나, 최근 들어서는 입력 영상을 얻는 과정에서 발생하는 비선형적인 문자의 형태 변형에 관한 연구 내지는 변형된 문서 영상을 원래의 영상으로 복원할 수 있는 효과적인 비선형 영상 복원 기법이 제시되고 있다[5, 6].

비선형 변형된 문서 영상의 복원 문제는 먼저 변형된 문서 영상의 변환 함수 T 를 찾고, 이를 바탕으로 문서 영상을 역변환하는 것으로 요약할 수 있다. Bilinear, Biquadratic, Bicubic 등의 비선형 모델의 함수가 변환 함수 T 로 사용될 수 있으나, 이 모델들은 특별한 형태로 변형된 영상에만 적용될 수 있는 한계성을 안고 있기 때문에, 이러한 한계성을 극복하기 위해서는 임의의 변형 형태를 다룰 수 있는 Coons 모델[7]의 도입이 필요하다. 국내에서도 최근에 변형된 문서 영상을 복원하기 위하여 B-spline 곡선 근사법을 이용함으로써 Coons 모델을 적용하고, 분할-통합 방법[5]의 기본 개념을 이용하여 비선형 방정식을 풀지 않고서도 영상을 역변환할 수 있는 효과적인 방법이 제시되었다[6]. 그림 1은 임의의 형태로 변형된 문서 영상을 참고 문헌[6]의 방법에 의하여 복원한 예를 보여준다. 그림에서 임의의 형태로 변형된 영상들을 복원함으로써 비선형 변형된 문서 영상의 인식 가능성을 확인할 수 있었다.

2.2 문서 구조 분석

문서의 구조 분석이란 일반적인 문서나 특정한 형식의 문서에서 지식을 사용하여 문서 영상으로부터 문서의 기하학적인 구조를 추출하는 것이다. 즉 문서를 단위 블록의 집합으로 분할한 후, 각 블록의 특성을 조사하여 문자 영역과 비문자 영역으로 분리하는 작업이다. 이러한 문서 구조 분석을 위하여 사용되는 방법은 상향식 방법과 하향식 방법으로 나눌 수 있으며, 상향식과 하향식을 결합한 방법이 사용되기도 한다[4].

상향식 방법은 가장 기본이 되는 작은 부분에서 출발하여 유사한 특성을 갖는 부분을 단계적으로 병합함으로써 원하는 형태를 생성하는 방법으로 다양한 형태의 문서를 처리할 수는 있으나 많은 처리 시간을 필요로 하므로 비효율적이다. 이 방법에는 연결 요소(connected component) 분석 방법과 인접 선분 밀도(neighborhood line density) 분석 방법 등이 있다. 하향식 방법은 문서의 일반적인 특성에 근거하여 문서를 점점 작은 영역으로 분할하는 방법으로 정해진 형태의 문서를 빠르고 효율적으로 처리할 수 있으며 미리 알고 있는 지식을 문서의 처리에 사용할 수 있다는 장점을 가지고 있는 반면에 복잡한 형태의 문서나 기울어진 문서의 처리에 부적합하다는 문제를 가지고 있다. 하향식 방법에는 런 길이 평활화 방법, 투영 윤곽 분석 방법, Fourier 변환에 의한 방법, 원형 정합에 의한 방법, 교차 횡수(crossing count) 분석 방법 등이 있다[1].

2.3 문서 구조 이해

문서를 이해한다는 것은 문서의 형태 분석을 통하여 얻어진 기하학적인 구조를 논리적 구조로 바꾸는 것이다. 즉, 분석된 문서의 각 부분에 대한 역할이나 내용을 주어진 지식을 이용하여 알아내는 것이다. 예를 들어 우편물의 봉투를 이해한다는 것은 우편번호나 수취인이 기록된 위치뿐만 아니라 그 내용이 무엇인가도 자동으로 찾아내는 것을 의미한다.

문서의 이해에 관한 연구는 문서에 대한 사전 지식이 없이는 거의 불가능하기 때문에 사용자로부터 지식을 획득하고 이를 내부적으로 표현하여 문서 이해 시에 사용하는 방법에 대한 연

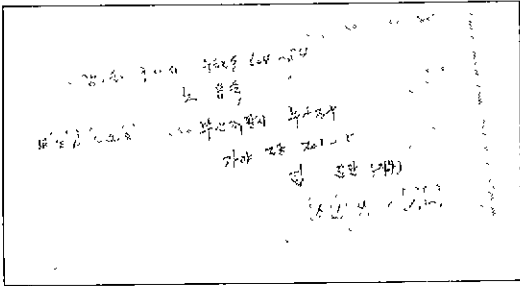
구가 최근에 활발히 진행되고 있다. 그러나, 일반적인 문서 영상은 그 부피가 크기 때문에 분석과 이해에 많은 시간이 필요하며, 그 종류 또한 매우 다양하기 때문에 일반적인 문서를 분석하고 이해하는 시스템을 구축하는 것은 매우 어렵다. 따라서, 최근에는 문서의 형태가 일정한 형식을 갖추고 있는 문서, 즉 일정한 형식의 논문, 우편물, 수표나 전표 등과 같은 형식 문서에 대한 분석 및 이해에 대한 연구가 진행되고 있다.

형식 문서(form)는 특정한 형식을 갖는 문서로서 형태가 자주 바뀌지 않고 동일한 형태에 대해 많은 양을 처리할 필요가 있으며, 직선이나 로그, 문자 등의 간단한 요소로 구성되어 있다. 형식 문서의 이해 목적은 형식 문서의 구조를 분석하여 각 구성 요소의 위치를 알아내고 필요한 영상을 추출하는 것이다. 형식 문서의 이해 방법은 사전 지식을 표현하고 이용하는 방법에 따라서 크게 모델 기반 방법, 규칙 기반 방법, 구문론적 방법 등으로 나눌 수 있다.

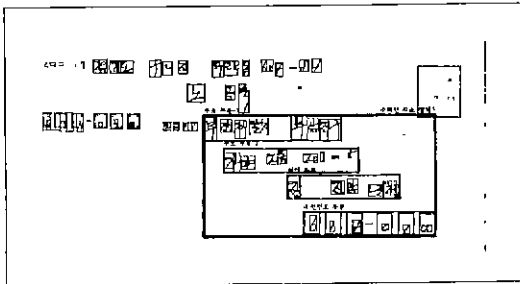
최근에, 국내에서도 우편 봉투 영상에 대해서 전처리, 문서 구조 분석, 문서 이해 과정을 통하여 수취인 주소 영역을 자동적으로 추출하는 시스템이 개발되었다[8]. 이 시스템에서는 우편 봉투 영상을 수취인 주소, 발신인 주소, 우표 및 소인, 그림 및 기타 영역 등으로 구분하고, 수취인 주소 영역은 다시 수취인 주소, 성명, 우편번호 부분 등으로 구분하며, 각 영역과 부분에 대해 상대적인 위치, 폭, 높이, 단어 간격, 문자열 간격 등과 같은 특징을 추출한다. 이와 같은 특징들을 통계적으로 분석하여 수취인 주소 영역을 추출하기 위한 정보를 규칙 형태로 표현하여 지식 베이스를 구축하고, 이를 이용하여 우리나라 우편 봉투 영상에서 수취인 주소 영역을 추출한다. 그림 2는 실제 우편 봉투 영상에서 수취인 주소 영역을 추출한 예를 보여준다.

III. 전처리

최근까지 진행되어 온 국내의 한글 인식에 관한 연구 방향을 감안해 볼 때 대부분의 연구가 문자 인식 알고리즘에만 집중되어 있는 실정이다. 그러나 현실적으로 효과적인 문자 인식(보다



(a) 우편 봉투 영상



(b) 수취인 주소 영역 추출 결과

(그림 2) 수취인 주소 영역 추출의 예

정확한 표현으로 분류) 알고리즘만으로는 입력 장치의 특성 및 필기자의 다양한 필기 형태로 인하여 사용자가 요구하는 수준의 높은 인식률과 처리 속도를 기대하기는 어렵다. 따라서, 이러한 한계성을 극복하기 위해서는 한글 인식 알고리즘의 개발 뿐만 아니라 입력 장치의 특성으로 인하여 발생하는 잡영의 분석, 입력 영상 처리 시에 발생하는 정보의 손실, 그리고 필기체 문자에서 발생하는 변형의 양상 즉, 획간의 접촉 변형, 획의 기울기 변형 등 필기자에 따라 다양하게 나타나는 문자 내의 형태 변형의 분석에 관한 연구가 필수적이다[1].

3.1 기울어진 문자열의 교정 및 분할

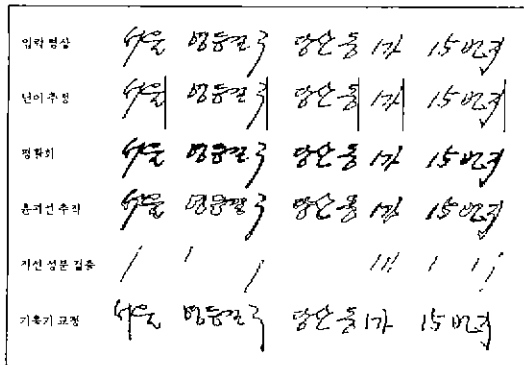
아무런 제약을 가하지 않은 문자열에는 필기자의 습관에 따라 문자의 기울기가 다양하게 나타나고, 문자열 전체가 비스듬히 쓰여지는 경우가 종종 발생한다. 습관적으로 문자를 기울여 쓸 경우 문자간 겹침이 빈번히 발생하여 문자 분할을 어렵게 하는 한편 문자 단위 분할이 가능하다고 하더라도 기울기 교정 혹은 정규화를 수행

하지 않는다면 뒤따르는 인식 과정에 커다란 영향을 끼쳐 인식 성능이 저하된다. 그러므로 기울어진 문자열은 전처리 과정에서 교정되어야 한다.

대표적인 기울기 추정 및 교정 방법으로는 입력된 단어 영상에 대해 수평 성분들을 제거하고 남은 수직 성분들의 기울기를 추정하여 단어의 기울기 교정에 사용하는 방법[9]과 필기 속도와 방향 등의 정보를 이용하여 온라인 문자열의 기울기를 추정하는 방법[10] 등이 있다. 그러나, 오프라인 문자 인식에서는 필기 방향, 속도 등의 정보를 이용할 수 없으며, 특히, 수직획과 수평획이 많은 한글의 기울기 추정에 Bozovic과 Srihari의 방법[9]을 적용할 경우, 수평획을 제거할 때 수직획들까지도 영향을 받기 때문에 정확한 기울기 추정이 어렵다.

따라서, 한글 문자열의 특성을 충분히 검토하여 한글 문자열에 적합한 기울기 추정 및 교정 방법이 연구되어야 한다. 참고 문헌 [11]에서는 다음과 같은 절차에 의하여 기울어진 문자열을 교정한다. 먼저, 입력 영상의 검은 점을 수평축으로 투영하여 이 값에 따라 가상의 단어를 추정하고, 입력 영상의 윤곽선 부분을 매끄럽게 하고 끊어진 영상을 연결해 주기 위한 평활화 단계를 거친 다음, 입력 영상의 윤곽선을 찾는다. 다음으로, 단어내의 각 문자들은 일정한 기울기를 가지며, 필기 습관에 따라 다르기는 하겠지만 단어의 기울기가 y축을 중심으로 일정한 범위내에 포함된다는 기본 가정을 바탕으로 이전 단계에서 얻은 윤곽선에 Hough 변환을 적용하여 직선 성분을 검출한다. 이렇게 검출된 직선 성분들 중 빈도수가 높은 직선 성분을 윤곽선을 대표하는 직선 성분으로 추정한 다음, 단어내의 모든 연결 요소에서 검출된 직선 성분의 기울기를 평균함으로써 단어의 기울기를 추정한다. 마지막으로, 밀림 변환을 사용하여 기울기를 교정한다. 그림 3은 우편 봉투 영상에서 추출된 문자열에 대해서 이 방법을 적용하여 기울기를 추정하고 교정하는 과정을 보여준다.

문자 분할 방법은 직접 분할 기법과 분할-인식 기법의 두 가지로 구분할 수 있다. 직접 분할 기법은 영역 찾기, 영역 결합, 영역 분리의 단계로



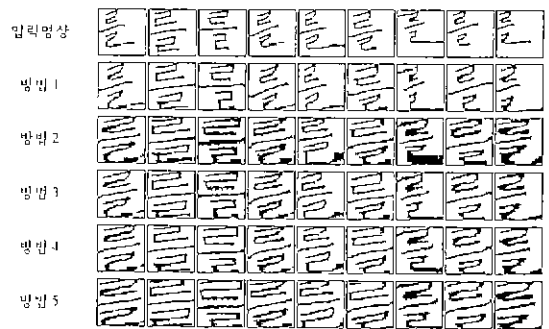
(그림 3) 한글 문자열의 기울기 교정 과정

나눌 수 있다. 즉, 일정한 간격 또는 투영값이 임계치 이하인 부분에서 분할 영역을 찾은 다음, 깨진 문자, 분리 문자 등을 중심간의 근접 강도를 이용하거나 겹친 면적의 비율을 고려하여 영역들을 결합한다. 이와 반대로 접촉, 연결된 문자에 대해서는 평균 문자 폭 추정을 이용하거나 윤곽선을 추적하여 상위 윤곽선의 최소값과 하위 윤곽선의 최대값을 이용하여 영역을 분리한다. 분할-인식 기법은 가능한 분할 예상점을 모두 찾고 인식기의 결과에 따라 분할점인지 결정한다[12]. 이 방법은 문자 인식 정보에 기반하여 최적의 분할점들을 찾을 수 있지만 문자 인식기의 성능에 매우 영향을 받는다.

필기체 한글 문자열의 경우, 초성, 중성, 종성의 조합으로 하나의 문자가 이루어지는 구조적 특성과 필기자의 습관으로 인하여 두 문자가 서로 접촉하거나 하나의 문자가 분리될 수 있으므로, 필기체 한글 문자열을 분할하기 위해서는 분할-인식 방법에 대한 연구가 절실히 요구된다.

3.2 비선형 형태 정규화

필기체 문자에서 발생하는 변형은 크게 선형 형태 변형(linear shape variation)과 비선형 형태 변형(nonlinear shape variation)으로 분류할 수 있다. 선형 형태 변형은 이동(translation), 신축(scale), 회전(rotation), 밀림(shear) 등을 포함한 것으로 일반적인 선형 형태 정규화 기법으로 해결할 수 있지만 불규칙적이면서 부분적으로 발생하는 비선형 형태 변형, 특히 형태 왜곡(shape



(그림 4) 필기체 한글 "ㄹ"에 대한 형태 정규화의 예

distortion)은 변형의 양상을 예측할 수 없으므로 해결하기가 매우 어려운 문제이다[13]. 그러므로, 효과적인 필기체 문자 인식을 위하여 해결해야 할 가장 중요한 문제 중의 하나는 형태 왜곡을 어떻게 보상하느냐 하는 것이라고 할 수 있다.

일본을 중심으로 불규칙적이면서 부분적으로 발생하는 필기체 문자의 형태 왜곡을 보상하기 위한 여러 가지 형태 정규화 방법들이 제안되고 있으며[13, 14], 국내에서도 이러한 여러 가지 형태 정규화 방법들을 체계적으로 검토하고 성능을 정량적으로 평가한 연구 결과가 발표되었다[15]. 이 연구에서는 형태 정규화 방법을 선형 형태 정규화 방법(방법 1)과 비선형 형태 정규화 방법으로 구분하고, 비선형 형태 정규화 방법은 다시, 투영하는 특징의 종류에 따라 점 밀도를 이용한 방법(방법 2)과 획 밀도를 이용한 방법으로 나누며, 획 밀도를 이용한 방법은 획 밀도를 정의하는 방법에 따라 교차 횟수에 바탕을 둔 획 밀도를 이용한 방법(방법 3), 획 간격에 바탕을 둔 획 밀도를 이용한 방법(방법 4), 내접원에 바탕을 둔 획 밀도를 이용한 방법(방법 5)으로 구분하였다. 다음으로, 입력 영상의 각 점에서 특정 특징을 수평축 또는 수직축으로 투영하여 특징 투영 히스토그램을 구하는 특징 투영과 특징 투영 히스토그램을 재 표본화함으로써 입력 영상의 특징 밀도를 균일화하는 특징 밀도 균일화의 두 가지 관점에서 각 방법을 재 검토하고, 인식률, 처리 속도, 특징 투영 단계에서의 계산 복잡도, 정규화된 영상의 변형량을 평가 기준으로 하여 각 방법을 정량적으로 평가한 결과를 제시하고

각 방법의 장·단점을 분석하였다.

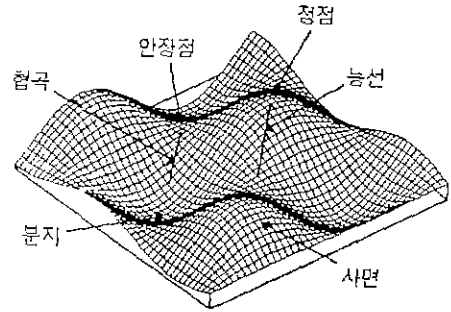
그림 4는 다양한 필기체 한글 데이터 “를”에 대해서 각 방법을 사용하여 형태 정규화한 예로서 입력 영상을 보면, 필기자의 습관에 따라 다양하게 획을 길게 늘어 쓰는 경향이 있음을 알 수 있다. 이러한 경향에 의해 발생하는 불규칙적인 형태 왜곡은 선형 형태 정규화(방법 1)로는 해결할 수 없지만, 비선형 형태 정규화 방법으로는 어느 정도 해결할 수 있음을 보여준다. 또한 각각의 비선형 형태 정규화 방법에 따라 정규화 성능에 차이가 있는데 이에 대한 보다 자세한 비교 분석은 참고 문헌 [15]를 참고하기 바란다.

IV. 특징 추출

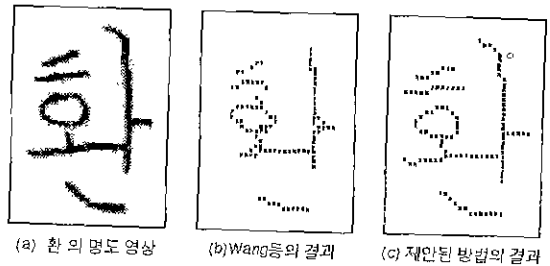
특징 추출에 대한 연구로서 한글의 특성을 조사하여 인식 시스템 개발에 반영하고자 하는 노력의 일환으로 한글 문자 영상에서의 정보량 및 엔트로피의 분포를 파악하려는 연구가 시도되었으며[16], 입력 영상으로부터 구조적인 특징을 추출하기 위한 대표적인 전처리 기술로서 폭넓게 활용되어 온 영상 골격화 알고리즘들에 대한 체계적인 성능 평가 결과가 발표되어[17, 18] 보다 좋은 골격화 알고리즘 및 효과적인 특징 추출 알고리즘의 개발은 물론, 추후 실용적인 구조적 패턴 인식 시스템의 개발을 위한 기초 자료로 이용되고 있다.

또한, 이진화에 의한 정보의 손실을 최소화하기 위해 명도 영상으로부터 지형적 특징을 추출할 수 있는 효과적인 방법이 제안되었다[19]. 제안된 방법에서는 명도 영상을 하나의 평면으로 간주하고, 원래 영상의 형태 특징을 영상의 지형적인 특징으로 대응시킨다. 한 예로, 가는 획은 능선을 의미하게 되며, 굵은 틈은 안장점이 된다. 따라서, 이 방법에서는 원래 영상의 형태적인 특징과 명도 영상의 지형적인 특징이 연결된 영상 정보를 다루고 있다는 점에서 기존의 특징 추출 방법과는 다르다고 할 수 있다. 지형적 특징으로는 정점, 능선, 안장점, 분지, 평지, 협곡, 사면 등이 있으며 각 형태는 그림 5에 있다.

이 방법에서는 지형적인 특징의 추출에 있어서 주곡률의 방향을 빠른 시간내에 효과적으로 구



(그림 5) 지형적 특징



(그림 6) 명도 영상으로부터 지형적 특징을 추출한 예

하기 위하여 국부적인 정보를 이용한다. 지형적 특징 추출 과정은 입력 영상의 모든 화소에 대하여 인접 화소에 대한 기울기를 계산하는 것으로 시작되며, 기울기를 계산하기 위하여 3×3 원도우를 사용한다. 다음 단계로 기울기의 변화율을 계산하고, 주곡률(principal curvature)의 방향을 결정한다. 이때, 주곡률의 방향은 수평·수직 방향, 사선·역사선 방향 중의 한 방향이 된다. 마지막으로 주곡률의 방향에 대하여 영교차(zero crossing) 조건을 검사하여 지형적 특징을 할당한다. 이 방법은 기존의 방법[20]에 비해 수행 속도가 대폭 향상되었을 뿐만 아니라 또한 골격선 추출에 있어서도 좋은 성능을 나타낸다(그림 6).

V. 분류

지금까지 오프라인 필기체 문자 인식에 사용된 분류 방법은 크게 원형 점합 방법, 확률통계적 방법, 구조적 방법, 신경망을 이용한 방법 등으로 구분될 수 있다.

원형 점합 방법은 입력 문자 영상을 인식 대

상이 되는 모든 문자 모델과의 정합을 통하여 유사도나 거리를 구하여 인식하는 방법이다. 원형 정합 방법은 인식 방법이 단순하고, 하드웨어로 구현하기가 쉬우며, 단일 활자체와 같이 변형이 심하지 않은 문자 영상은 잘 처리하지만, 필기체 문자와 같이 변형이 심한 데이터에는 적합하지 않은 것으로 알려져 왔다. 그러나, 일본의 Kanji, 중국의 한자, 우리나라의 한글 등과 같이 문자의 형태가 복잡하고 인식해야 할 문자 부류의 수가 많은 대용량의 필기체 문자 인식에 대한 연구가 활발히 진행되면서 필기체 문자에서 발생하는 변형을 효과적으로 흡수할 수 있는 비선형 형태 정규화 또는 비선형 형태 정합 방법 등이 개발됨에 따라 원형 정합 방법의 성능이 개선되었고 최근들어서는 그 사용이 증가되고 있는 추세이다[15].

확률통계적 방법은 문자 영상의 통계적인 특징을 분석하는 방법으로 입력 문자 영상으로부터 특징 벡터를 추출한 다음, 판별 함수를 이용하여 특징 벡터가 특징 공간 상에서 어느 부류에 속하는가를 알아냄으로써 입력 패턴을 분류하는 방법과, 표현하고자 하는 대상 패턴을 학습 과정을 통해 확률값으로 표현하고 입력 패턴에 대해서 이를 주어진 모델로 생성해 낼 수 있는 확률값을 계산하여 가장 높은 확률값을 갖는 모델로 분류하는 은닉 마르코프 모델을 이용하는 방법 등이 있다. 이들 방법들은 이론적으로 잘 정립되어 있으며, 본질적으로 많은 변형을 갖는 패턴들을 잘 처리할 수 있다는 장점을 갖는 반면, 한글과 같이 유사한 글자가 많고 복잡한 문자 집합에 대해서는 문자의 본질적인 구조적 특징을 이용하기가 쉽지 않다는 단점을 가지고 있다.

구조적 방법은 문자의 구성 원리에 입각하여 자획 등과 같이 문자를 구성하는 기본 요소와 그들간의 연관성을 추출하여 문자를 인식하는 방법이다. 이 방법은 특히 복잡한 구조를 갖는 문자 집합의 인식이나 글자 모양의 변형이 심한 필기체 문자의 인식에 적합하다는 장점을 가지고 있으나, 인식 알고리즘의 출발점이 되는 기본 요소의 추출 작업이 어려울 뿐 만 아니라, 문자의 구조를 표현하는 규칙의 자동 생성 및 이러한 규칙에 기반을 둔 문법적 추론 기법에 관한 연

구가 아직까지는 미약한 실정이다.

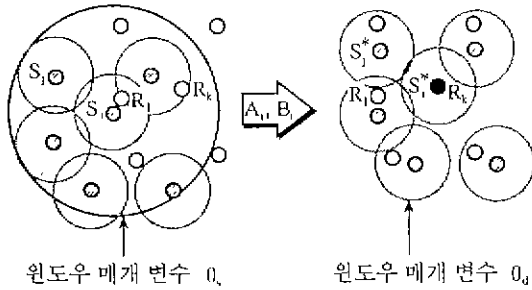
신경망을 이용한 방법은 인간의 두뇌 조직을 모델링한 것으로, 문자 인식을 위하여 단순한 기능을 수행하는 처리기들이 대규모 상호 연결된 병렬 분산 네트워크를 이용하는 방법이다. 신경망을 이용한 문자 인식은 학습에 의해 새로운 패턴에 적용할 수 있으며, 패턴의 국부적인 변형 및 잡영에 민감하지 않다는 장점을 갖는 반면, 패턴의 크기가 큰 경우 학습에 걸리는 시간이 매우 길어지며, 인식 후보 대상의 갯수가 많은 경우 성능이 저하된다는 단점을 갖는다.

본 절에서는 이상에 소개된 각각의 인식 방법의 예를 소개하는데 원형 정합 방법에서는 문자 패턴에서 발생하는 변형을 국부적 선형 변환으로 표현할 수 있다는 가정에 기초한 적응적 패턴 정합 방법[21], 확률통계적 방법에서는 이론적으로 잘 정의된 은닉 마르코프 모델을 이용한 방법[22], 구조적 방법에서는 한글의 기본 단위인 획을 추출하여 정합하는 획 정합 방법[23], 마지막으로 신경망을 이용한 방법에서는 최적의 참조 모델을 설계하기 위한 방법[24]에 대하여 간단히 언급하겠다.

5.1 적응적 패턴 정합을 이용한 분류

두 개의 패턴을 최적으로 정합하는 가장 분명한 방법은 두 패턴 사이에 조합 가능한 모든 정합에 대하여 정합 척도를 계산하여 그 중에서 가장 가까운 정합을 최적의 정합으로 선택하는 것이다. 이것은 일반적으로 문자 패턴이 매우 많은 점을 갖는다는 것을 고려해 볼 때 무수한 수의 조합 가능한 정합이 존재하고 그 중에서 최적을 선택한다는 것은 NP-complete 문제이므로 많은 계산 낭비를 초래한다.

두 패턴을 보다 빠르고 효율적으로 정합하기 위하여, 수학적으로 정의가 잘 되어 있는 국부적 선형 변환을 이용하여 패턴을 정합하는 방법이 Wakahara[25]에 의하여 제안되었다. 이 방법은 입력 패턴의 각 부분 영역에서의 왜곡을 선형 변환 연산으로 표현할 수 있다는 가정에 기초한다. 만약 이러한 가정이 타당하다면 각각의 부분 영역에서 최적으로 정합하는 국부적 선형 변환을



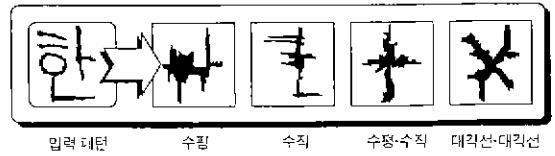
(그림 7) 국부적 선형 변환의 예

결정함으로써 두 패턴의 정합을 성공적으로 수행할 수 있다. 입력 패턴의 한 점 S_i 에 대해서 국부적 선형 변환 과정을 거쳐 정합된 예가 그림 7에 있다. 그림에서 이웃한 점들의 분포를 고려하여 최적의 변환 함수를 찾음으로써 입력 패턴과 표준 패턴의 전역적인 거리가 최소화되도록 변환이 이루어짐을 볼 수 있다.

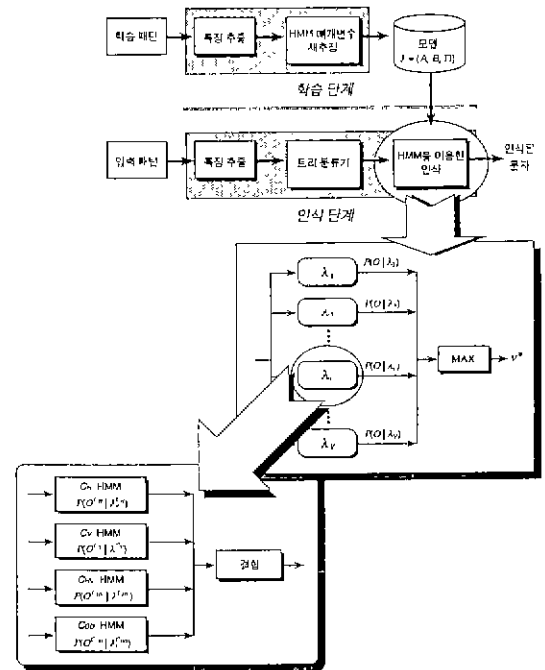
또한, 상기 방법에 비해 정합의 정확도 및 처리 속도가 개선된 적응적 패턴 정합 방법이 최근에 제안되었다[21]. 이 방법은 정합의 정확도를 개선하기 위하여 구조적인 정보를 사용하며, 단일 정합 과정에서의 처리 속도를 개선하기 위하여 각 점에서의 이웃들만을 고려한다. 또한 반복 적용시 수렴 속도를 빠르게 하기 위하여 문자 패턴을 부분 영역으로 나누어 각 부분 영역에서의 정합이 성공적인지 여부에 따라 다음 반복 과정을 적용하는 적응적 패턴 정합(adaptive pattern matching)을 수행함으로써 각 반복 단계에서 이미 최적의 변환이 이루어진 영역의 점에 대해 또 다시 계산해야 하는 불필요한 시간의 낭비를 줄일 수 있다. 이와 같은 정합을 통하여 가장 가까운 표준 패턴의 부류로 입력 패턴을 분류한다.

5.2 은닉 마르코프 모델을 이용한 분류

은닉 마르코프 모델은 프로그래머가 문제 해결을 위한 정확한 지식을 가지고 있지 못한 경우에도 그 자체의 모델링 능력과 학습 능력으로 적절한 해결책을 제공하며, 실생활에서 필연적으로 얻어질 수 밖에 없는 잡음이나 손실 또는



(그림 8) 영역 투영에 의한 4 종류의 영역 투영 패턴



(그림 9) 은닉 마르코프 모델을 이용한 오프라인 필기체 한글 인식 시스템의 구조

변형된 입력을 잘 처리할 수 있다는 특징을 갖는다. 또한, 은닉 마르코프 모델은 표현하는 대상 패턴을 학습 과정을 통해 명확한 확률값으로 표현하는 확률 모델로서 학습 방법과 분석 과정이 수학적으로 명료하게 얻어지기 때문에, 많은 양의 데이터를 쉽게 얻을 수 있는 음성 인식이나 문자 인식에서 신뢰성 있는 확률의 추정이 가능하다고 볼 수 있다[26].

이러한 특성을 갖는 은닉 마르코프 모델을 오프라인 필기체 한글 인식에 적용함으로써 필기체 한글 패턴에서의 불완전함을 극복하고자 하는 연구가 이루어졌다[22]. 이 연구에서 제안된 인식 시스템은 크게 학습 단계와 인식 단계로 구분되는데, 학습 단계는 영역 투영 윤곽선 변환

기법[27]을 이용하여 하나의 문자 패턴으로부터 변환된 4 종류의 영역 투영 패턴(그림 8)에 대한 윤곽선의 방향 성분 벡터를 추출한 다음, 확률 매개변수의 값이 학습 패턴의 확률 특성을 잘 반영할 수 있도록 각기 다른 4 종류의 은닉 마르코프 모델을 구성하는 단계이며, 인식 단계는 임의의 입력 패턴에 대해서 이를 주어진 모델로 생성해 낼 수 있는 확률값을 계산하여 가장 높은 확률값을 갖는 모델을 인식된 문자 부류로 결정하는 과정이다(그림 9).

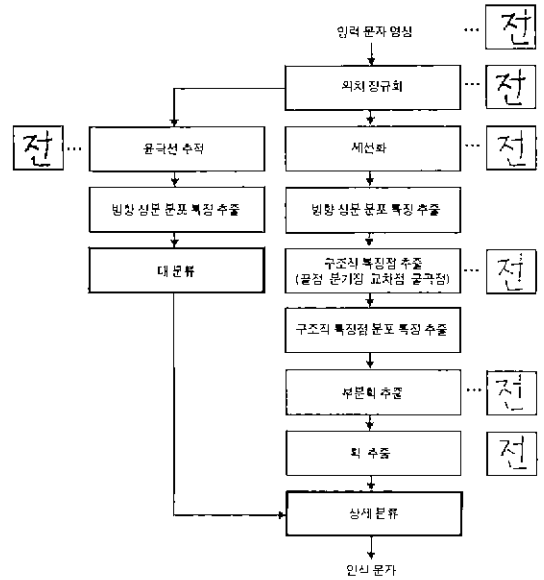
5.3 획 정합을 이용한 분류

오프라인 문자 인식 방법 중에서 구조적인 방법은 정해진 문법에 따라 부패턴을 인식한 다음 각 부패턴의 조합으로 문자를 인식하는 구문론적인 방법[28, 29]과 획을 추출하여 입력 문자의 획과 표준 패턴의 획을 비교하여 거리를 계산함으로써 문자를 인식하는 획 정합 방법[23, 30]으로 나눌 수 있다.

김기철 등[23]은 획 정합 방법을 이용한 필기체 한글 인식 기법을 제안하였다. 제안된 방법은 입력 문자 영상에 대한 위치 정규화, 윤곽선 추적 및 세선화의 전처리 과정을 거쳐 윤곽선의 방향 성분 분포, 골격선의 방향 성분 분포, 구조적 특징점 분포 등의 특징을 추출한 다음, 획을 추출하여 획의 방향과 길이에 대한 중점 분포 특징을 정합한다. 이 때, 입력 문자의 특징과 표준 패턴간의 정합시, 처리 시간을 단축하기 위하여 모든 문자에 대해 비교적 안정적인 특징인 윤곽선의 방향 성분 분포 특징을 이용하여 대 분류 하였으며, 대 분류 단계에서 분류된 소수의 후보 문자만을 대상으로 앞서 소개된 모든 특징을 사용하여 상세 분류하였다. 이와 같은 획 정합을 이용한 필기체 한글 오프라인 인식 시스템의 구조는 그림 10과 같다.

5.4 신경망을 이용한 분류

신경망은 뇌신경 세포의 구조와 동작을 모방함으로써, 인식, 연상, 논리, 판단, 분류와 같은 뇌의 기능을 흉내낼 수 있는 정보 처리 시스템

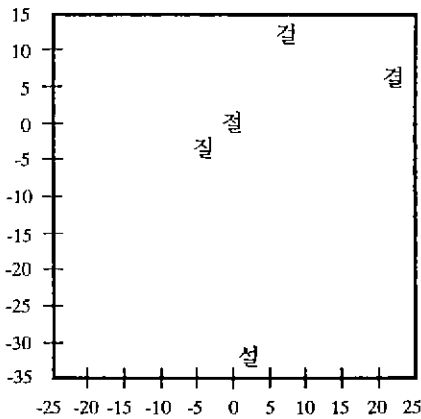


(그림 10) 획 정합 방법을 이용한 인식 시스템의 구조

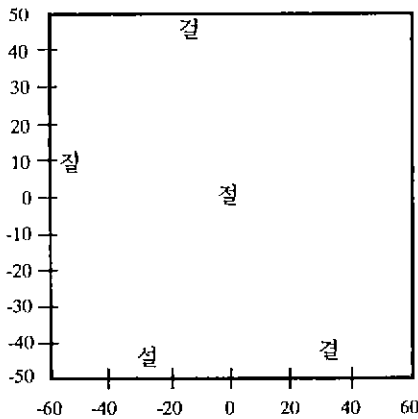
이다. 신경망의 응용 분야로서 가장 활발히 연구가 진행되고 있는 분야의 하나가 패턴 인식, 특히 문자 인식에 관한 연구이다. 국내에서도 인쇄체 한글 인식에 신경망을 사용하여 98% 이상의 높은 인식률이 달성됨이 보고되어 있지만 [31], 인쇄체의 경우는 기존의 다른 문자 인식 방법으로도 좋은 결과를 낼 수 있으므로 참된 의미의 신경망의 우월성을 입증하기 위해서는 보다 어려운 문제인 필기체 문자를 대상으로 그 효용성이 입증되어야 할 것이다.

최근들어 오프라인 필기체 문자를 인식하기 위한 비교적 간단한 역전파 신경망을 구성한 다음, 유전자 알고리즘을 적용하여 최적의 초기 가중치를 결정함으로써 학습에 소요되는 시간을 줄이고 분류의 성능을 향상시키고자 하는 연구가 진행되고 있다[32]. 여기서, 유전자 알고리즘은 국부적인 최소값을 갖지 않도록 하기 위하여 전역적인 탐색을 수행한다.

한편, 일본을 중심으로 한 대용량 필기체 문자 인식 연구에서는 입력 패턴을 각각의 참조 모델과 비교하여 입력 패턴과 가장 유사한 참조 모델이 속한 부류로 입력 패턴을 분류하는 통계적인 방법을 주로 사용하는데, 이러한 방법에서는 참조 모델이 인식 성능을 높이는데 매우 중요한



(a) 훈련 전



(b) 훈련 후

(그림 11) 유사 한글 음절 5 자의 참조 모델 분포

역할을 한다. 그리하여 최적의 참조 모델을 설계하기 위한 방법이 참고 문헌 [24]에서 제안되었다. 제안된 방법은 음성 인식 분야에서 소규모 부호책(codebook)의 생성을 위하여 집중적으로 연구되어 온 여러 종류의 Learning Vector Quantization(LVQ) 알고리즘[33] 중에서 가장 우수한 것으로 알려진 LVQ3 알고리즘의 부류 분포에 대한 근사 능력을 개선하였다. 또한, 개선된 LVQ3 알고리즘을 시뮬레이티드 아닐링[34]과 결합하여 LVQ3 알고리즘이 가지는 국부적 최적화 문제를 해결함으로써 최적의 참조 모델을 생성할 수 있도록 하였다. 그림 11은 서로 유사한 한글 음절 5 자에 대하여 추출된 50 차원의 특징 벡터를 2차원으로 사상시킨 결과로 제안된 방법을 적용하기 전과 적용한 후의 참조

모델의 분포를 각 음절의 산포도로 보여준다.

VI. 후처리

컴퓨터를 이용한 정보 처리가 일반화되면서 OCR을 포함한 문자 인식 시스템이 널리 보급되어 활용되기 시작하였다. 그러나 현재 기술 수준이 필기체는 차치하고라도 다양한 활자체를 갖는 인쇄체 문자에 대해서도 아직 완벽한 인식을 기대할 수 없는 실정이고, 제아무리 완벽한 문자 인식 시스템이라고 할지라도 원문 상에 존재하는 오류까지 처리할 수는 없다. 따라서 현실적으로 이러한 오류를 교정하기 위해서는 인간이 문장을 이해해 나가는 문맥적 정보를 이용하여 오류를 교정하는 기능과 유사한 철자 교정 기로서의 후처리가 필요하다[35].

후처리에 이용되는 정보로는 전후의 언어적인 문맥에 의한 정보, 문자 단위 인식 정보 등이 있다. 언어 정보를 이용한 후처리 방법에 관해서는 몇 편의 논문이 발표되어 있고, 주소 및 성명 등의 제한적인 분야에서는 매우 효과적인 것으로 알려져 있다[36]. 그러나, 일반 문장의 입력에 대해서는 단어 입력의 경우에 비하여 효율성이 떨어진다. 이것은 의미 정보 등 고차원 지식의 이용이 곤란하다는 점, 어휘의 수가 대폭 증가한다는 점 등의 이유로 인하여 언어 지식을 단독으로 사용하는 것 만으로는 큰 효과를 기대할 수 없기 때문이다. 그러므로, 일반 문장에 대한 후처리의 높은 효율을 얻기 위해서는 종래에 거의 사용되지 않았던 인식 정보를 적극적으로 사용하는 것이 중요하며, 필기체의 경우 문자를 쓰는 사람들의 습관 및 특성을 알아내서 이를 인식하는 과정에 참고할 수 있는 학습 기능이 필요할 것으로 사료된다.

6.1 후처리 방법의 유형

지금까지 연구되어 온 후처리 기법은 단순히 개별 문자의 인식 정보만을 이용한 방법과 인간이 사용하는 문맥적 지식을 이용한 방법으로 나눌 수 있다.

개별 문자의 인식 정보를 이용한 후처리 기

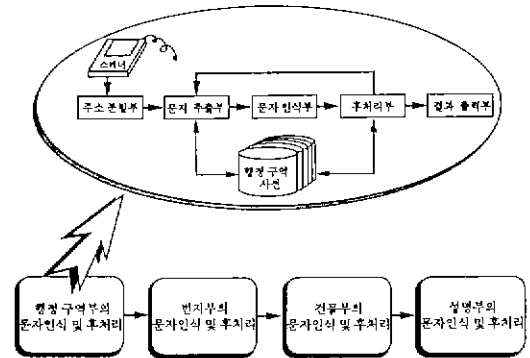
법에는 문자 간의 혼동 확률과 후보 문자 행렬을 이용하는 방법이 있다. 문자 간의 혼동 확률을 이용한 후처리 기법은 주로 일반 문서를 대상으로 하는 후처리 기법이며, 후보 문자 행렬을 이용하는 것은 주소나 성명 등과 같은 특정 응용 분야에서 해당 분야의 경험적인 문맥적 지식을 이용할 수 있는 경우에 효과적이다.

문맥적 지식을 이용한 방법은 문맥적 지식의 표현 방법에 따라 크게 세 가지 유형으로 분리할 수 있다[35]. 첫째 문맥적 지식의 확률적 표현에 기초한 상향식(bottom-up, data-driven) 방법, 둘째 문맥적 지식의 구조적 표현에 기초한 하향식(top-down, concept-driven) 방법, 셋째는 상향식과 하향식을 결합한 복합적(hybrid) 방법이 있다. 상향식 방법의 대표적인 알고리즘으로는 Viterbi 알고리즘 혹은 수정된 Viterbi 알고리즘이 있으며, 하향식의 알고리즘으로는 사전에 있는 단어 중에서 가장 유사한 단어를 탐색하는 Dictionary Look-up 알고리즘, 문자열 정합 알고리즘, 문맥의 결정론적 표현에 기초한 Binary N-gram 알고리즘 등이 있다. 또한, 복합적 방법으로 Dictionary Viterbi 알고리즘과 예측-교정(Predictor-Corrector) 알고리즘이 있다[37]. 위의 후처리 알고리즘 중에서 문자열 정합 알고리즘과 Binary N-gram 알고리즘을 제외한 대부분의 알고리즘은 확률론에 기초하고 있다. 후처리 방법에 대한 보다 구체적인 사례 연구는 참고 문헌 [35]를 참고하기 바란다.

6.2 한글 후처리의 연구 동향

한글의 후처리는 한글의 쓰기 방식이 모아쓰기이기 때문에 개별 문자 인식시에 음절이 기본 단위가 되고, 어법상 교착어에 속해 변형의 형태가 매우 복잡한 이유로 인하여 영어와는 다른 후처리 방식을 취한다. 한글 후처리의 유형은 대체적으로 다양한 사전을 이용한 방법[36, 38], 형태소를 분석하여 후처리하는 방법[39], Binary N-gram과 형태소 분석을 이용한 방법[40] 등으로 구분할 수 있다.

문자 인식 시스템은 이용 범위가 확산될수록 정밀도가 더 높은 시스템이 요구되어 진다. 따



(그림 12) 한글 주소 및 성명 인식 시스템의 구성도

라서, 일반 문서를 대상으로 하는 문서 인식 시스템의 기술을 바탕으로 적용 분야의 특성을 활용한 후처리가 매우 중요하다. 이러한 특성을 활용하기에 적합한 응용 분야 중의 하나가 한글의 주소 및 성명의 후처리이다. 참고 문헌 [36]에서는 오프라인 필기체 한글 인식을 위한 효율적인 주소 및 성명의 후처리 기법을 제안하였다. 이 방법은 인식 대상이 주소라는 점을 감안하여, 우리나라 주소가 수록된 행정 구역 사전을 체계적으로 구성하고, 이 사전으로부터 주소에 나타날 수 있는 문자만을 특히, 주소를 이루고 있는 문자들의 각 위치에 나타날 수 있는 문자만을 정합 대상으로 삼아 인식 단계에서의 광범위하고 불필요한 정합을 줄임으로써 문자별 처리 속도와 인식률을 크게 향상시켰다. 또한, 인식 결과에 백트래킹을 도입한 후처리 알고리즘을 적용하여 효율적인 후처리가 가능하도록 하였다. 이러한 주소 및 성명의 후처리 기법을 이용하여 개발된 인식 시스템의 구조는 그림 12와 같다.

6.3 한글 후처리의 향후 연구 방향

후처리 기법 중 문맥적 처리 기법은 일반적인 문서를 다루는 즉, 자연어 처리의 측면에서 주로 연구되어야 할 사항들이며, 문자 인식 시스템을 사용하는 대부분의 경우에 활용 대상 분야의 영역 내에서 얻어질 수 있는 정보들을 이용함으로써 효과적인 후처리를 행할 수 있다. 이를 위해서는 다음과 같은 연구가 수행되어야 한다[35].

- (1) 문자 패턴들의 혼련 및 문자 인식 과정에서

언어지는 문자간 혼동 확률 정보와 후보 문자 순위 정보 등을 후처리의 여러 단계에서 활용할 수 있는 기법이 필요하다.

- (2) 문자 인식 시스템을 제한된 영역에서 활용할 때, 그 영역의 특성 및 통계적 자료를 후처리에서 활용하는 기법이 개발되어야 한다.
- (3) 후처리 시스템은 사용 중에 변화되는 환경에 잘 적응할 수 있도록 개발되어야 한다. 이를 위해서는 문자 인식 시스템의 개발시 변화되는 환경에 쉽게 적응 가능한 기법들이 고려되어야 한다.

위에서 문자 인식 시스템의 후처리를 위해 연구되어야 할 여러 기능들에 대해 살펴 보았으며, 마지막으로 가장 중요하게 다루어야 할 사항은 후처리 대상 언어의 특성 분석에 관한 연구이다. 특히, 우리가 사용하는 언어인 한글은 기존의 후처리 연구 방법이 대부분 영어를 대상으로 발전되어 온 점을 감안할 때, 한글 후처리에 관한 여러 연구가 수행되었음에도 불구하고, 문자 인식에서 접근해야 할 통계적 및 구조적 연구가 충분히 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 한글이 갖는 언어학적인 특성 및 구문 분석과 통계적인 연구, 형태소 분석 및 한글 사전 구성 등에 관한 연구가 수행되어야 한다.

VII. 결 론

본 고에서는 오프라인 필기체 문자 인식 기술의 현황을 크게 문서 구조 분석, 전처리, 특징 추출, 분류, 후처리로 나누어 간단히 살펴 보았다. 본 고에서 소개된 방법들은 많은 방법 중에 극히 일부에 지나지 않지만, 오프라인 필기체 문자 인식 기술의 현황을 이해하고 앞으로 필기체 한글 인식의 연구 방향을 결정하는데 도움을 주기에는 충분할 것으로 사료된다.

오프라인 필기체 문자 인식은 유사한 문자, 필기체 문자의 변형 등으로 인하여 단순히 문자 패턴의 형상 만으로는 정확한 식별이 곤란한 경우가 허다하다. 이러한 문자들을 정확히 인식하기 위해서는 문자의 전후의 문맥을 이용하는 것이 필요하고 이것을 이용한 수준높은 후처리 방

법이 연구되어야 할 것이다. 또한, 단지 하나의 문자만을 인식하는 문자 인식 시스템 보다는 궁극적으로 일반 문서를 인간 수준으로 인식할 수 있는 시스템, 만약 현실적으로 그것이 불가능하다면 제한된 분야이기는 하지만 주소, 성명 및 상품명 등을 완벽하게 인식할 수 있는 문서 인식 시스템을 개발하기 위한 연구가 진행되어야 할 것이다.

오프라인 필기체 한글 인식 기술의 발전을 위해서 향후 중점적으로 해결되어야 하는 과제는 다음의 두가지로 요약할 수 있다.

첫째, 연구의 활성화와 체계적인 연구 및 성능의 객관적인 비교를 위하여 한글 및 문서 영상 데이터베이스를 구축하고 이를 이용하는 연구 환경의 조성이 필요하다. 다행스럽게도 뒤늦게나마 정부의 지원 아래 시스템공학연구소에서 인쇄체 및 오프라인 필기체 한글과 문서 영상 데이터베이스 구축 작업을 진행 중에 있으며, 포항공과대학이 전자통신연구소의 지원 아래 필기체 한글 데이터베이스 PE92를 구축하였으므로 추후 이러한 데이터베이스를 사용한 연구 결과의 객관적인 성능 평가가 활발해질 것으로 기대된다.

둘째, 기존에 발표된 여러 연구 결과들을 객관적인 성능 평가 과정을 거쳐 체계적으로 통합하고, 되도록이면 문자 인식의 각 단계에 대한 수학적이고 분석적인 연구 결과를 제시할 수 있는 연구가 필요하리라 사료된다. 특히 연구자 본인이 어떤 문제에 대한 새로운 방법을 제시하기에 앞서 기존에 연구된 방법들의 장단점을 파악할 수 있는 깊이있는 사례 연구 또는 선행 연구를 수행하는 것이 바람직하다고 판단된다. 이러한 과정을 거치지 않은 연구는 전체 숲은 보지 못하고 한 두 그루의 나무만 바라보는 국부적 최적화의 오류를 범할 수 있음을 연구자로서 항상 유념해야 할 것이다.

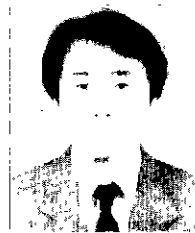
참 고 문 헌

1. 이성환, **문자 인식: 이론과 실제**, 홍릉과학출판사, 1993년 8월.
2. 김진형, "펜 컴퓨터의 현황과 추세," 한국정보과

- 학회지, 제 9권 제 1호, 1991년 2월, pp. 79~86.
3. 이성환, "온라인 필기 인식 기술의 현황," 한국정보과학회지, 제 9권 제 1호, 1991년 2월, pp. 54~63.
 4. Y. Y. Tang, C. Y. Suen, C. D. Yan and M. Cheriet, "Document Analysis and Understanding : A Brief Survey," Proc. 1st Int. Conf. on Document Analysis and Recognition, Saint-Malo, France, Sep. 1991, pp. 17~31.
 5. Z. C. Li, T. D. Bui, C. Y. Suen, Y. Y. Tang and Q. L. Gu, "Splitting-Integrating Method for Normalizing Images by Inverse Transformations," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 14, No. 6, June 1992, pp. 678~686.
 6. 김은순, 이성환, "Coons 모델을 이용한 비선형 변환된 문서 영상의 효율적인 복원," 제 1 회 문자 인식 워크샵 발표논문집, 청주, 1993년 5월, pp. 81~88.
 7. A. R. Forrest, "On Coons and Other Methods for the Representation of Curved Surfaces," Computer Graphics and Image Processing, Vol. 1, 1972, pp. 341~359.
 8. 김기철, 이성환, "우편 봉투 영상에서의 주소 영역 추출을 위한 지식 기반 시스템," 대한전자공학회 논문지, 제 30권 B편 제 12호, 1993년 12월 (게재 예정).
 9. R. M. Bozinovic and S. N. Srihari, "Off-Line Curative Script Word Recognition," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 11, No. 1, Jan. 1989, pp. 68~83.
 10. D. J. Burr, "A Normalizing Transform for Curative Script Recognition," Proc. 6th Int. Conf. on Pattern Recognition, Munich, Germany, Oct. 1982, pp. 1027~1030.
 11. 이성환, 이동준, "Hough 변환을 이용한 오프라인 필기 한글 문자열의 기울기 추정 및 교정," 한국정보과학회 추계 학술발표논문집, 제 20권 제 2호, 서울, 1993년 10월.
 12. H. Fujisawa, Y. Nakano and K. Kurino, "Segmentation Methods for Character Recognition : From Segmentation to Document Structure Analysis," Proceedings of the IEEE, Vol. 80, No. 7, July 1992, pp. 1079~1092.
 13. H. Yamada, K. Yamamoto and T. Saito, "A Nonlinear Normalization for Handprinted Kanji Character Recognition - Line Density Equalization," Pattern Recognition, Vol. 23, No. 9, 1990, pp. 1023~1029.
 14. J. Tsukumo and H. Tanaka, "Classification of Handprinted Chinese Characters Using Nonlinear Normalization Methods," Proc. 9th Int. Conf. on Pattern Recognition, Rome, Italy, Nov. 1988, pp. 168~171.
 15. S.-W. Lee and J.-S. Park, "Performance Evaluation of Nonlinear Shape Normalization Methods for the Recognition of Large-Set Handwritten Characters," Proc. 2nd Int. Conf. on Document Analysis and Recognition, Tsukuba Science City, Japan, Oct. 1993.
 16. S.-W. Lee and Y. R. Kwon, "Distribution of Information Contents and Entropy of Hangul Character Images," Int. Journal of Computer Processing of Chinese and Oriental Languages, Vol. 7, No. 2, 1993.
 17. L. Lam, S.-W. Lee and C. Y. Suen, "Thinning Methodologies - A Comprehensive Survey," IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 14, No. 9, Sep. 1992, pp. 869~885.
 18. S.-W. Lee, L. Lam and C. Y. Suen, "A Systematic Evaluation of Skeletonization Algorithms," Int. Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence. Vol. 7, No. 4, 1993.
 19. 이성환, 김영준, "Gray Scale 문자 영상으로부터 지형적 특징 추출을 위한 효과적인 방법," 한국정보과학회 춘계 학술발표논문집, 제 20권 제 1호, 이리, 1993년 4월, pp. 171~174.
 20. L. Wang and T. Pavlidis, "Direct Gray Scale Extraction of Features for Character Recognition", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1993(Accepted for publication).
 21. 박정선, 이성환, "적응적 패턴 정합을 이용한 필기체 한글의 오프라인 인식," 제 5회 한글 및 한국어 정보처리 학술발표논문집, 대전, 1993년 10월.
 22. H.-S. Park and S.-W. Lee, "Off-Line Recognition of Large-Set Handwritten Hangul with Hidden Markov Models," Proc. 3rd Int. Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition, Buffalo, U. S. A, 1993, pp. 51~61.
 23. 김기철, 김영식, 이성환, "오프라인 필기체 한글의 구조적 인식을 위한 확 정합 방법," 대한전자공학회 논문지, 제 30권 B편 제 6호, 1993년 6월, 604-

- 613.
24. S.-W. Lee and H.-H. Song, "Optimal Design of Reference Models Using Simulated Annealing Combined with an Improved LVQ3," Proc. 2nd Int. Conf. on Document Analysis and Recognition, Tsukuba Science City, Japan, Oct. 1993.
 25. T. Wakahara, "Dot Image Matching Using Local Affine Transformation," Proc. 10th Int. Conf. on Pattern Recognition, Atlantic City, U. S. A, June 1990, pp. 837~841.
 26. L. R. Rabiner, "A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition," Proceedings of the IEEE, Vol. 77, No. 2, 1989, pp. 257~286.
 27. Y. Y. Tang, S.-W. Lee and C. Y. Suen, "VLSI Architecture for Pattern Recognition Based on Algorithm-array Mapping," Proc. 2nd Pacific Rim Int. Conf. on Artificial Intelligence, Seoul, Korea, Sep. 1992, pp. 1036~1043.
 28. 김태균, T. Agui, M. Nakajima, "Stroke 조합에 의한 필기체 한글의 표현과 인식," 대한전자공학회 논문지, 제 25권 제 1호, 1988년 1월, pp. 18~26.
 29. 이승호, "구조적 한글 인식을 위한 자획 추출에 관한 연구," 한국과학기술원 전산학과 석사 학위 논문, 1988년 2월.
 30. 하진영, 김진형, "학습 기능을 이용한 필기 한글의 인식에 관한 연구," 인공지능연구회 춘계 학술발표논문집, 제 4권 제 1호, 서울, 1989년 4월, pp. 3~23.
 31. 권제욱, 조성배, 김진형, "계층적 신경망을 이용한 다중 활자체 및 다중 크기의 한글 문서 인식," 한국정보과학회 논문지, 제 19권 제 1호, 1992년 1월, pp. 69~79.
 32. 김영준, 이성환, "유전자 알고리즘과 역전파 신경망의 결합을 통한 무제약 필기체 숫자의 오프라인 인식," 한국정보과학회 추계 학술발표논문집, 제 20권 제 2호, 서울, 1993년 10월.
 33. T. Kohonen, "LVQ-PAK - The Learning Vector Quantization Program Package," Helsinki University of Technology, Finland, 1992.
 34. S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt and M. P. Vecchi, "Optimization by Simulated Annealing," Science, Vol. 220, No. 4598, May 1983, pp. 671~680.
 35. 민병우, 이성환, 김홍기, "문자 인식을 위한 후처리 기법의 사례 연구," 제 1회 문자 인식 워크샵 발표논문집, 청주, 1993년 5월, pp. 91~103.
 36. S.-W. Lee, E.-S. Kim and B.-W. Min, "Efficient Postprocessing Algorithms for Error Correction in Handwritten Hangeul Address and Name Recognition," Proc. 2nd Int. Conf. on Document Analysis and Recognition, Tsukuba Science City, Japan, Oct. 1993.
 37. S. N. Srihari(Ed.), Tutorial : Computer Text Recognition and Error Correction, IEEE Computer Society Press, 1985.
 38. 이영식, 채영숙, 윤예선, 권혁철, "한국어 철자 교정 시스템," 인공지능연구회 춘계 학술발표논문집, 서울, 1993년 4월, pp. 25~37.
 39. 김운호, 이종국, 김항준, 이상조, "형태소 분석을 이용한 문자 인식 에러의 검출," 제 4회 한글 및 한국어 정보처리 학술발표논문집, 서울, 1992년 10월, pp. 555~566.
 40. 홍남희, 이원일, 이종혁, 이근배, "어절 정보와 문자열 정보를 이용한 문자 인식에서의 오인식 수정 기법에 관한 연구," 제 1회 문자 인식 워크샵 발표논문집, 청주, 1993년 5월, pp. 109~113.

이 성 환



1984 서울대학교 계산통계학과 학사
 1986 한국과학기술원 전산학과 석사
 1989 한국과학기술원 선신학과 박사
 1987 네덜란드 Delft 공과대학교 패턴 인식 연구센터 방문 연구원
 1989 캐나다 Concordia 대학교 패턴 인식 및 기계지

능 연구센터 방문 과학자
 1989 ~ 현재 충북대학교 컴퓨터과학과 조교수
 관심분야 : 패턴 인식, 컴퓨터 시각, 신경망 등
