

손으로 설계한 서식 문서의 문자 영역 분리 및 서식 벡터화

김 병 용[†] · 권 오 석^{††}

요 약

본 논문에서는 손으로 자유스럽게 그린 서식 문서에서 문자 영역을 분리하고, 이 중 선 성분을 벡터화하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 우선 이진화 및 세선화 과정에서의 데이터 손실을 방지하기 위해 스캔한 영상에 DRC 알고리즘을 적용한다. 그리고 영상의 기울어짐을 교정하기 위해 세선화된 영상에 허프 변환을 적용하여 기울어짐을 추정하고 교정한 다음, 서식의 구조를 이루는 선 성분을 추출해 낸다. 그리고 문자 영역은 연결 요소 분석법에 의해 문자 영역을 나타내는 데이터로 변환되며, 추출된 선 성분은 정렬, 합병 및 교정 처리를 통해 벡터화 된다.

제안된 방법의 실효성을 입증하기 위해 각각 25명의 다른 사람이 필기구에 제한을 두지 않고 하나는 자를 사용하여 작성하고 다른 하나는 자를 사용하지 않고 작성한 서식에 대해 실현한 결과 전체 750개의 벡터 집합 중에서 전처리를 하지 않은 경우에는 666개, 전처리를 한 경우에는 746개의 서식 벡터 검출에 성공하여 그 유효성을 확인할 수 있었다.

Text Area Segmentation and Layout Vectorization of Off-line Handwritten Forms

Byeong-Yong Kim[†] · Oh-Seok Kwon^{††}

ABSTRACT

In this paper, we proposed a method of the text area segmentation and layout vectorization of off-line handwritten forms. We applied DRC algorithm to the scanned image to protect data loss during binarization and thinning of the image. To detect the skew angle of the image, we applied the Hough transform to the image and estimated the angle of the skew. After correcting the skew angle, we extracted the line components of the image, which constitute the frame of the form. The character areas of the image are calculated based on white-pixel connected components extraction method and the vectors of the extracted line components are estimated by sorting, merging and refinements.

In order to show the abilities of the proposed method, experiments with two kinds of forms that were written by 25 people are performed. One was drawn with a ruler and the other was drawn without a ruler and all of them were written with freely chosen writing tools. As a result, we got 666 vectors without preprocessing and 746 vectors with preprocessing among 750 vectors respectively, which showed the effectiveness of the method.

1. 서 론

문자 인식 및 문서 처리에 대한 연구는 크게 온라인

필기체 인식과 오프라인 인쇄체 인식의 두 가지 분야로 나누어져 수행되어 왔다[1]. 이 두 가지 분야의 연구 성과는 개인 휴대용 단말기(PDA)의 입력 수단과 상용 문자 인식 패키지에 적용되고 있으며 문자 인식 자체에 대한 연구는 상당한 수준까지 진척되어 있다. 그러나 필기 문자의 오프라인 인식에 관한 기술은 과

※ 이 논문은 2000년도 상지영서대학 학술연구비 지원에 의하여 연구된 것임.

† 정 회 원 : 상지영서대학 전자계산과 교수

†† 정 회 원 : 충남대학교 컴퓨터공학과 교수

논문접수 : 2000년 7월 25일, 심사완료 : 2000년 10월 2일

거 수 십 년간 연구되어 왔음에도 불구하고 그 문제의 복잡성으로 인하여 국내에서는 아직 상용화되지 못하고 있다[3]. 더욱이 전자 문서가 보편화 되었음에도 불구하고 인쇄 문서의 사용이 날로 증가하고 있는 현 시점에서 온라인 필기체 및 오프라인 인쇄체 인식 기술뿐만 아니라 오프라인 필기체의 인식에 대한 연구의 필요성이 대두되고 있다.

한편 문서의 구조분석에 대해서는 다양한 종류의 문서 영상 구조 분석 시스템에 관한 연구 결과들이 발표되었으나 일반적인 문서 영상의 경우에는 처리해야 할 데이터의 양이 많고 종류도 다양하며 형태가 수시로 변하기 때문에 문서의 구조를 자동적으로 분석할 수 있는 시스템을 구축하는 것은 매우 어렵다는 것을 깨달아 현재에는 문서의 형태가 일정한 서식을 갖추고 있는 문서, 즉 일정한 서식의 논문, 우편물, 수표나 전표 등과 같은 서식 문서 영상의 구조 분석에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

지금까지 발표된 서식 문서 영상 처리 시스템은 일반적으로 서식 영상을 미리 등록하고 입력된 서식 영상과 등록된 서식 영상을 비교하여 각 항목을 추출해내는 형태가 대부분이다. 이러한 시스템은 주로 다량의 데이터를 효율적으로 입력하거나 기존에 작성된 서식 내의 데이터를 자동으로 입력하기 위한 목적으로 사용된다. 그러나 이러한 서식 문서 영상 처리 시스템은 서식을 미리 등록하면서 추출하고자 하는 영역에 대한 정보를 미리 사용자가 직접 정의해 주어야 하므로 처리하고자 하는 문서에 대한 사전 지식과 경험적인 지식을 필요로 한다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 문서에 대한 사전 지식 없이도 입력되는 서식 문서에서 추출하고자 하는 항목을 자동으로 추출하는 서식 문서 영상 구조 분석 방법이 제안되기도 했다[2].

그러나 지금까지 연구된 방법은 모두 인쇄된 서식 문서를 처리하여 기록된 정보를 추출하기 위한 것으로 서식 자체를 설계하거나 인식하기 위한 것이 아니라 서식에 기록된 정보에 더 많은 초점을 집중한 것으로 생각할 수 있다. 따라서 현재 인터넷이나 휴대용 컴퓨터를 중심으로 한 온라인 처리가 보편화 된 시점에서 기존의 연구 결과가 활용되기는 용이하지 않다. 이에 본 논문에서는 기존 연구와 같이 인쇄된 서식 문서를 대상으로 하지 않고 손으로 설계한 서식 문서를 대상으로 한 문자 영역 분리 및 서식 구조 벡터화 기법을 제안하고자 한다.

제안된 방법은 새로운 서식을 설계하는 단계부터 서식의 구조 분석 및 등록 과정을 일괄적으로 처리하거나 웹 페이지와 같은 각종 전자 문서의 레이아웃(layout) 설계 및 각종 인쇄 서식의 레이아웃 설계 등에도 활용할 수 있으며 특히 워드프로세서나 전자출판 시스템과 결합하여 수험표, 이름표, 상품에 붙이는 레이블 등 다량의 인쇄 문서가 필요한 서식의 설계 등에 이용하여 문서 작성의 효율을 높이는 수단으로 이용될 수 있을 것이다.

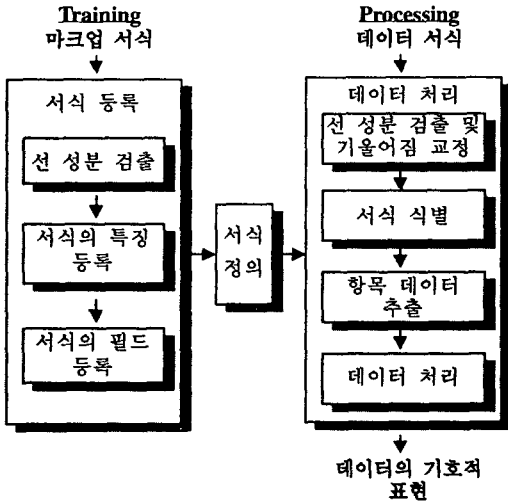
기술 순서는 먼저 그동안 연구되어 온 관련 연구를 살펴본 다음 제안된 방법에 대한 이론적 고찰을 마치고 실험 방법 및 결과를 분석한다. 그리고 결론에서는 그동안 수행된 결과를 바탕으로 손으로 그려진 서식 문서의 인식을 위한 연구에서 고려해야 할 문제점과 향후 연구 과제를 검토한다.

2. 관련 연구

좁은 의미에서 서식 문서의 구조를 분석하고 이해한다는 것은 서식 문서 영상의 각 영역을 분할하고 각 영역의 의미를 파악하여 필요한 영역을 추출하는 것이고, 넓은 의미에서 서식 문서 영상의 구조를 분석하고 이해한다는 것은 추출한 각 영역의 문자를 실제 문자 인식을 통하여 인식하는 것까지 포함한다[2]. 그러나 대부분의 기존 서식 문서 처리에 관한 연구는 좁은 의미에서의 서식 문서 구조 분석에 집중되어 왔으며 이는 서식 문서의 구조 분석 과정에서 얻어진 결과가 손쉽게 문자 인식기와 결합될 수 있기 때문이라고 생각된다.

기존의 서식 처리 시스템의 구조는 일반적으로 서식의 등록과 처리 과정으로 구분되어 등록 단계에서는 서식의 구조를 분석하여 이를 인식하고 특정한 방법으로 등록함으로써 처리 단계에서는 입력된 서식의 종류를 구분하고 필요한 항목의 데이터를 추출하여 인식할 수 있도록 한다. 이러한 서식 처리 시스템의 전체 구조는 일찍이 IFP(Intelligent Forms Processing) 시스템 [6]과 CEDAR 시스템[11]에 의해 모델링 되었다. 이들 중 IFP 시스템은 서식 편집기(form editor)가 있어 온라인으로 서식을 설계하고 해당 서식에 대한 처리를 수행하며, CEDAR 시스템은 현재 사용되고 있는 서식을 등록하여 처리하는 구조로 되어 있다. 그동안 수행된 연구의 대부분은 CEDAR 시스템과 같이 기존의 서

식에 대해 서식의 구조를 인식하거나 정의하는 형태를 따르고 있는 것이 보편적이다. (그림 1)은 CEDAR 시스템의 구성을 보여준다.



(그림 1) CEDAR 서식 처리 시스템 구성

(그림 1)에서 보는 것과 같이 서식을 처리하기 위해서는 서식의 등록이나 처리 단계 모두 서식의 구조를 분석하는 것이 필요하다. 이러한 서식의 구조를 분석하는 것은 크게 모델 기반 방법과 선 성분 기반 방법으로 나눌 수 있다. 모델 기반 방법은 모델 형식으로 서식 문서를 표현하고 이를 이용하여 필요한 영역을 추출하는 방법으로 서식 정의 언어(Form Definition Language)를 이용하는 방법[10, 21], 표시 코드(markup code)를 이용한 방법[11], 모델 정합 방법[9, 13] 등이 있다. 선 성분 기반 방법은 대부분의 서식 문서가 사각형의 선 성분으로 구성된다는 데 바탕을 두고 선 성분을 이용하여 필요한 영역을 추출하는 방법으로 수평과 수직 선분을 이용한 방법[8, 14, 17, 18], 선 성분의 주요점을 이용한 방법[15], 연결요소 분석법[16] 등이 있다.

이들 중 모델 기반 방법은 서식에 관한 사전 지식이 필요하기 때문에 필기 서식의 인식에 이러한 방법을 적용하기는 곤란하며 서식에 관한 사전 지식이 전혀 없이 해당 서식을 인식하기 위해서는 선 성분을 이용한 방법을 사용하는 것이 타당하다. 선 성분을 이용한 방법 중에서 수평과 수직 선분을 이용하는 방법은 서식 문서에서 수평과 수직 선분을 찾아 가면서 수평과 수직 선분으로 이루어진 영역을 분리하는 방법으로 이

들 중에는 최소한의 선 성분과 항목 사이의 빈 영역인 백색 스트림(white stream)을 이용하여 수평과 수직 성분의 투영을 통해 서식의 구조를 추출해 내는 방법이 연구되기도 하였다[12]. 선 성분의 주요점을 이용하는 방법은 서식 문서를 구성하는 선 성분의 끝점, 코너점, 교차점 등의 주요점을 정의하고, 수평이나 수직 선분의 교차점에서 주요점을 추출하고 추출된 주요점을 이용하여 서식 문서 영상의 구조를 분석하는 방법으로 서식 문서에 대한 사전 지식 없이도 안정적으로 영역을 추출할 수 있는 반면, 필기 문서와 같이 선 성분이 정확히 작성되어 있지 않은 문서에는 적용하기 곤란하다는 단점이 있다.

문자와 도형이 혼합되어 있는 문서에서 문자 영역과 그래픽 영역을 분리하는 대표적인 연구로는 연결요소 분석법과 허프 변환(Hough transform)을 이용하여 문자 영역과 그래픽 영역을 분리해 내는 연구가 있다[7]. 방법은 연결 요소 분석법에 의해 영상의 각 구성 요소를 구분한 다음, 허프 변환을 적용하여 동일 선분 상에 위치한 문자 영역을 문자열로 추출해 내어 입력 영상을 그래픽 영상과 문자 영상으로 구분하는 것이다. 그러나 그간의 서식 처리에 관련된 여러 가지 연구는 모두 인쇄된 서식을 대상으로 하였으며 손으로 그려낸 서식 처리에 대한 연구는 찾아보기 힘들다. 따라서 손으로 자유롭게 그려낸 서식을 처리하는 연구의 필요성이 대두되고 있다.

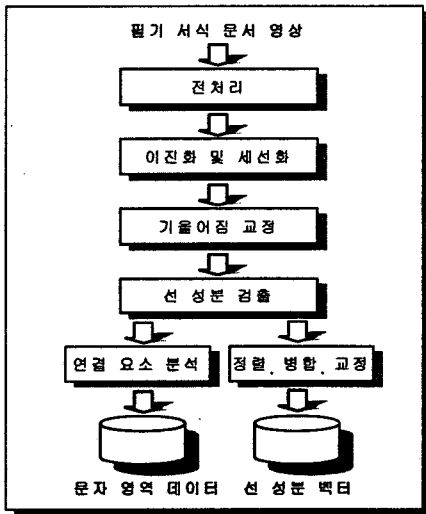
3. 문자 영역 분리 및 벡터화

본 논문에서 제안한 방법의 전체적인 처리 절차는 (그림 2)와 같다. 이 절차의 입력 데이터는 필기체 서식 문서가 되며 처리된 출력 결과는 서식에서 분리된 문자 영역 데이터와 선 성분 벡터가 된다. 그림에서 나타난 전체 처리 절차는 다음과 같이 크게 5가지 단계로 나눌 수 있다.

- (1) 전처리 단계 : 필기구나 개인별 필기 습관의 차이를 교정하기 위해 너무 흐리거나 불규칙하게 그려진 영상을 교정한다.
- (2) 이진화 및 세선화 단계 : 8비트 그레이 스케일로 입력된 영상을 흑백(BW)영상으로 이진화(binanzation)하고 이를 다시 세선화(thinning)한다.
- (3) 기울어짐 교정 단계 : 세선화된 영상으로 기울어짐을 추정하고, 기울어짐이 있는 경우 원래의 영상으

로 이를 교정한 다음 다시 세선화하여 선 성분 검출 및 문자 영역 분리 단계로 넘어 간다.

- (4) 선 성분 검출 및 문자 분리 단계 : 세선화된 영상에서 선 성분을 검출하여 문자 부분과 선 성분을 분리한다.
- (5) 벡터화 단계 : 분리된 문자영역은 연결 요소 분석법에 의해 추출하고 검출된 직선 성분은 정렬, 병합 및 교정을 통해 벡터화 한다.



(그림 2) 제안된 방법의 전체적인 구성도

3.1 필기 서식 영상의 전처리

여러 가지 종류의 종이에 글을 쓰기 때문에 필기 문서의 경우 스캔(scan)한 영상에 원하지 않는 배경 무늬 등이 포함되는 경우가 자주 있다. 또한, 스캔 과정에서 스캐너의 문제나 파라미터 설정 오류로 인해 잡음이 생길 수도 있다. 만일 잉크가 너무 밝은 색이거나 색의 밝기가 넓은 범위에 걸쳐 변하는 경우 선이나 문자가 고르게 그려지지 않는다. 이 경우 배경으로부터 원하는 도형이나 문자를 분리해 내는 것이 용이하지 않게 된다[20, 22].

실제 실험에 사용한 서식 중 몇 개는 (그림 3)과 같이 이진화 및 세선화했을 경우 직선 성분이 거의 보이지 않게 되었다. 이것은 자를 사용하여 직선을 그리는 경우 필기 도구의 이동 속도가 상대적으로 빠를 수 있는 각 직선의 가운데 부분이 다른 부분보다 흐리게 그려지기 때문이다. 이것은 (그림 3b)에서 보는 것과 같이 문자 부분보다 직선의 가운데 부분이 많이 끊어져

대여금 지급 통지서

회원번호	성명	송금일자
계좌번호		송금액
구분	대여금액	이상회원금
잔액대역	이상회원금	상환회원금
보통대역		상환회원금
우역대역		상환회원금
계		상환회원금
모든보통금	잔액보통금	잔액보통금
	인외대	송금액

(a) 300DPI로 스캔한 원래 영상

대여금 지급 통지서

회원번호	성명	송금일자
계좌번호		송금액
구분	대여금액	이상회원금
잔액대역	이상회원금	상환회원금
보통대역		상환회원금
우역대역		상환회원금
계		상환회원금
모든보통금	잔액보통금	잔액보통금
	인외대	송금액

(b) 원래 영상을 세선화한 영상

대여금 지급 통지서

회원번호	성명	송금일자
계좌번호		송금액
구분	대여금액	이상회원금
잔액대역	이상회원금	상환회원금
보통대역		상환회원금
우역대역		상환회원금
계		상환회원금
모든보통금	잔액보통금	잔액보통금
	인외대	송금액

(c) DRC 처리된 영상

대여금 지급 통지서

회원번호	성명	송금일자
계좌번호		송금액
구분	대여금액	이상회원금
잔액대역	이상회원금	상환회원금
보통대역		상환회원금
우역대역		상환회원금
계		상환회원금
모든보통금	잔액보통금	잔액보통금
	인외대	송금액

(d) DRC 처리 후 세선화한 영상

(그림 3) DRC의 효과

있음을 알 수 있다.

이 논문에서는 이러한 문제점을 Dynamic Range Compression(이하 DRC) 처리를 통해 해결하였다. 이것은 영상 처리 분야에서 처리된 이미지의 Dynamic Range가 Display 장치의 능력을 벗어나는 문제를 해결하기 위한 알고리즘이나[23], 여기서는 문서 영상에 적용하여 흐리게 그려진 부분을 강조함으로써 이진화 과정에서 발생하는 데이터 손실을 방지하기 위한 목적으로 사용하였다. 문서 영상의 DRC 처리에 사용한 수식은 아래의 식 (1)과 같다.

$$s = C \log(1 + |r|) \quad (1)$$

단, r: 입력 영상의 그레이 레벨

s: 출력 영상의 그레이 레벨

C: 상수(scaling factor)

DRC 처리를 위해서는 먼저 문서 영상을 반전하여 검은색 바탕에 흰색의 문자가 쓰여진 영상으로 바꾼다. 그리고 그 영상에 식 (1)을 적용하면 영상의 흰색 부분이 강조된다. 그런 다음 다시 영상을 반전하면 흐리게 그려진 부분이 강조되어 이진화 과정에서의 데이터 손실을 방지하게 된다. 식 (1)에서 상수 C는 scaling factor로서 원래 영상의 그레이 레벨 범위가 [0, 255]이고 출력 영상의 그레이 레벨 범위 역시 [0, 255]이기 때문에 $C = 255 / \log(1 + 255)$ 가 된다.

(그림 3)은 DRC의 효과를 보여 준다. (그림 3a)는 연필로 그려진 서식을 300DPI의 해상도로 스캔한 영상이며, (그림 3b)는 스캔한 그대로 세션화한 영상이고, (그림 3c)는 DRC 처리를 한 결과 영상이며, (그림 3d)는 (그림 3c)를 세션화한 영상이다. 이들 그림에서 보는 것과 같이 (그림 3b)의 경우 세션화의 과정에서 많은 부분의 데이터가 손실되었으나 (그림 3d)의 영상은 손실이 거의 없는 매우 우수한 세션화 결과를 보여준다.

3.2 이진화 및 세션화

그레이 레벨로 입력된 양식은 Theo Pavlidis의 알고리즘을 사용하여 이진화를 거친 후 세션화하였다[24]. 인쇄 서식 문서의 경우는 직선 성분이 명확하게 나타나기 때문에 세션화하지 않고도 연결 요소 분석법, 선 성분의 주요점을 이용하는 방법 및 투영 등의 방법에 의해 선 성분을 검출하는 것이 가능하나, 필기 서식 문서의 경우는 그렇지 않다. 특히 자와 같은 보조 도구를 사용하지 않고 그린 필기 서식 문서의 경우는 선

의 방향이 일정하지 않고 선의 끝 부분이 정확히 그려지지 않기 때문에 투영이나 선 성분의 특징점을 이용한 선 성분의 검출이 거의 불가능하다. 따라서 필기 서식 문서의 경우 선 성분을 추적하는 방법이 대안으로 채택될 수 있는데 세션화함으로써 선 성분의 추적이 용이하게 되며, 기울어짐 교정 과정에서도 허프 변환의 누적 데이터량이 감소하기 때문에 빠른 처리가 가능하게 된다. (그림 3b)와 (그림 3d)는 이 논문에서 전처리 방법으로 택한 DRC 처리 전후의 서식 영상에 적용한 세션화 결과를 보여준다.

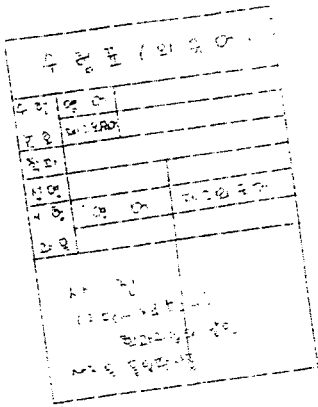
3.3 기울어짐 교정

문서 영상의 기울어짐을 추정하는 기존의 방법은 크게 허프 변환을 이용하는 방법, 투영(projection profile)을 이용하는 방법, 최근접 이웃(nearest neighbor) 방법 등으로 나눌 수 있으며, 이 외에도 푸리에 변환(Fourier transform)을 이용하는 방법, 신경망(neural network)을 이용한 방법, 상관관계(correlation)를 이용한 방법 등이 있다[4]. 이들 중 특히 입력 영상에서 직선이나 곡선 등을 추출하는 기법인 허프 변환을 이용하는 방법은 매우 높은 정확도를 갖는 것이 특징으로 복잡한 영상의 경우 계산 비용이 증가하는 단점이 있다. 기존의 연구 중에는 이러한 단점인 계산량 문제를 해결하기 위해 허프 변환을 이용하되 전 영상에 허프 변환을 적용하는 것이 아니라 선택적 주위집중 방식에 따라 기울기 추정을 위해 가장 신뢰성 있는 데이터들을 포함하는 특정 영역을 선정하여, 그 영역에 대한 기울기 추정을 집중적으로 수행함으로써 계산량을 줄임으로써 주목할 만한 연구 성과를 거둔 사례도 있다[4]. 그러나 비교적 영상내의 흑화소 비율이 적은 세션화된 필기 서식 문서의 경우는 다른 영상에 비해 상대적으로 계산량이 적기 때문에 계산량이 크게 문제되지 않아 필기 서식 문서 영상의 기울어짐 교정 방법으로 허프 변환 방법을 선택하게 되었다.

필기 서식문서는 모든 직선이 서로 평행하거나 수직으로 놓여 있다고 할 수가 없다. 따라서 허프 변환을 이용하되 통계적인 방법을 활용하여 일단 전 영상에 허프 변환을 적용하고 허프 변환의 결과를 선분의 길이가 긴 순서로 정렬한 다음 그들 중 상위 몇 개를 선택하여 평균을 산출함으로써 영상의 기울어짐 각도를 추정하였다.

(그림 4)는 기울어진 영상의 예이며 (그림 5)는 (그림

4)에 허프 변환을 적용하고 결과를 정렬한 다음 상위 60개의 성분에 대한 허프 변환 누적 데이터 분포도를 그래프로 그린 것이다. (그림 5)에서 누적수는 동일 직선상의 흑화소 수를 나타내며 순위는 누적수가 정렬된 순서를 나타낸다. 그리고 추세선은 순위 x 에 대한 누적수 y 의 분포가 그래프의 식과 같이 로그함수로 나타내짐을 보이고 있으며 R^2 값은 결정계수(coefficient of determination)로 해당 식이 누적수에 대해 94.95%의 정확도를 가지고 있음을 나타낸다. (그림 5)의 그래프에서 보는 것과 같이 허프 변환의 누적 데이터를 정렬하면 상위 데이터는 분명히 구분되는데 반해, 하 순위 데이터는 상호 간섭에 의해 수없이 많은 직선으로 인식되게 된다. 따라서 이들 중 서식 문서의 외곽선 성분이 가장 큰 누적수를 나타낼 것이므로 최소한 상위 4개의 성분을 택하여 평균을 구함으로써 영상의 기울어짐을 추정할 수 있다.

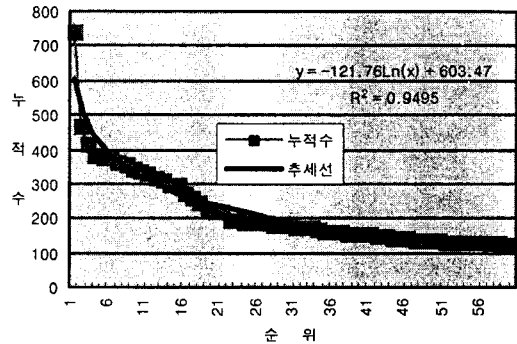


(그림 4) 기울어진 영상의 예

본 본문에서는 ρ 의 해상도를 1픽셀 단위로 계산하였으며, θ 의 해상도는 1° 단위로 계산하였다. θ 의 해상도를 1° 로 선택한 것은 대상 영상이 손으로 작성한 문서이기 때문에 더욱 정밀한 추정 및 교정의 의미가 크지 않기 때문이다. <표 1>은 (그림 4)의 기울어진 영상에 대한 허프 변환 결과 얻어진 상위 4개의 누적수와 ρ - θ 값을 나타낸다. 이 표에서 보는 것과 같이 (그림 4)의 영상은 8° 기울어져 있음을 알 수 있다.

기울어짐 교정은 잘 알려진 회전 변환식[19]과 Gray-Level Interpolation[23]을 사용하여 교정하였다. 허프 변환에 사용한 세선화된 이진 영상을 직접 교정하는 경우 회전 변환식의 부동 소수점 연산 결과가 실수값

으로 나타나기 때문에 정수로 표현된 영상의 정확한 좌표를 산출하지 못한다. 따라서 그대로 교정하면 세선화된 선이 끊어지는 현상이 발생된다. 이러한 문제점은 Grayscale 영상인 원래의 영상을 교정하고 교정시 Gray-Level Interpolation 기법을 사용함으로써 해결된다.



(그림 5) 허프 변환 누적 데이터 분포도

<표 1> 기울어짐 추정을 위한 ρ - θ 값

순위	누적수	ρ	θ
1	740	-1161	-82(8)
2	470	877	8
3	416	-1162	-82(8)
4	382	769	8
평균			8

3.4 선 성분 검출 및 문자 분리

인쇄된 서식 문서나 필기 서식 문서를 처리하는데 있어 선 성분을 검출하는 것은 필수적이다. 인쇄된 서식 문서의 경우 연결 요소를 분석함으로써 손쉽게 직선 성분만을 추출해 낼 수 있다. 이 경우 서식 문서 영상에서 추출한 N 개로 구성된 흑화소 연결 요소 집합 $B = \{B_1, B_2, \dots, B_N\}$ 에서 선 성분에 해당하는 흑화소 연결 요소의 집합 LC 와 문자에 해당하는 연결 요소의 집합 CC 는 아래의 식 (2)와 같이 결정된다[2].

$$\begin{aligned}
 LC &= \{B_i \mid B_i \text{의 면적} \geq a_1\}, \\
 CC &= \{B_i \mid B_i \text{의 면적} < a_1\} \quad (2)
 \end{aligned}$$

단, a_1 : 임계값, $i = 1, 2, \dots, N$

인쇄 문서의 경우 데이터가 입력되지 않은 서식이면 위의 식 (2)를 이용하여 손쉽게 선 성분만을 검출해 낼 수 있다. 그러나 필기체 문서의 경우는 서식 내에 입력된 문자가 선에 닿아 있거나 문자열이 두 개의 난

에 걸쳐서 존재할 수도 있으므로 이런 방법으로는 선 성분을 검출하는 것이 불가능하다. 또한 선 성분의 검출이 가능하다고 하더라도 벡터화를 위해서는 검출된 선에 대한 다른 분석이 필요하게 된다.

이에 따라 이 논문에서는 세션화된 영상에서 선 성분 추적(trace)을 통해 모든 직선 성분을 검출한 다음 연결 요소 분석법에 의해 문자 영역을 찾아 내고 검출된 선 성분에 대해 처리한다.

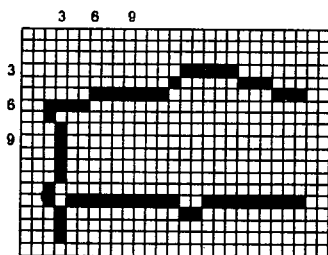
3.4.1 영상 주사 순서

선 성분 검출이나 문자 영역 추출은 영상을 주사하면서 흑화소가 발견되는 경우 그것이 직선의 시작점인지 문자의 시작점인지 판단하고 직선의 시작점이면 직선에 대한 처리를 하고 문자의 시작점이면 문자에 대한 처리를 한다. 이 때 필기체 문서의 경우 단순히 상하, 좌우의 순서로 주사하면서 발견되는 흑화소에 대해 처리하게 되면 직선 성분의 중간에서 먼저 흑화소가 발견되기 때문에 영상의 주사 순서를 다르게 해야 한다. 한 가지 방법으로는 상하, 좌우의 순서로 주사되 각 주사 선마다 45°의 각도를 갖게 하여 아래에서 위로 주사하면 이러한 문제점을 피할 수 있다.

(그림 6)은 세션화된 영상의 일부로 흑화소를 발견하기 위해 단순히 상하, 좌우로 주사하게 되면 가장 먼저 3행 14열의 흑화소가 검출된다. 그것은 좌우로 연결되어 있기 때문에 그것이 직선의 시작인지 아닌지 검사하기 위해 좌우 양 방향 모두를 조사해야 된다. 그러나 만일 주사선의 방향을 45° 각도로 정하여,

- ① r0c0 (r은 행, c는 열을 나타냄)
- ② rl0, r0c1
- ③ r2c0, rl1, r0c2
- ...

와 같은 순서로 주사하게 되면 가장 먼저 6행2열(r6c2)의 흑화소가 검출된다.



(그림 6) 세션화된 영상의 일부

3.4.2 선 추적 및 레이블링(Labeling)

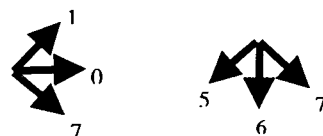
영상을 주사하여 흑화소가 검출되면 먼저 해당 흑화소가 직선의 시작점인지 아닌지를 검사한다. 처리하고자 하는 영상은 이미 기울어짐이 교정된 영상이기 때문에 2진 영상의 8방향 연결 요소 중 좌우 3방향 및 상하 3방향의 연결 요소를 임계값(threshold) 만큼 추적함으로써 선 성분 여부와 방향을 결정할 수 있다.

영상의 주사 중 발견된 흑화소에서 좌우3방향으로 추적한 흑화소 연결 요소 집합 $H = \{H_1, H_2, \dots, H_N\}$ 와 상하 3방향으로 추적한 흑화소 연결 요소 집합 $V = \{V_1, V_2, \dots, V_N\}$ 에서 H 와 V 가 각각 수평 직선 HL인지 수직 직선 VL인지는 아래의 식 (3)에 의해 결정된다.

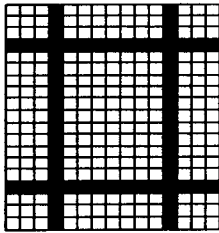
$$\begin{aligned}
 HL &= \{H_i \mid H_i \text{의 갯수} \geq \alpha_1\}, \\
 VL &= \{V_i \mid V_i \text{의 갯수} \geq \alpha_2\} \quad (3)
 \end{aligned}$$

단, α_1 : 수평선의 임계값,
 α_2 : 수직선의 임계값, $i = 1, 2, \dots, N$

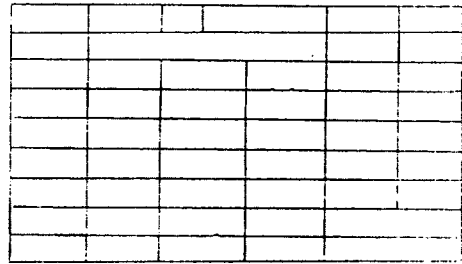
수평선과 수직선을 좌측 상단으로부터 흑화소가 발견되는 순서대로 추적하여 검출하게 되면 수평선과 수직선의 교차지점에서 (그림 8b)와 같이 빈 공간이 생기게 된다. 그러면 다음 번 추적 때 그곳을 선 성분의 끝으로 인식하기 때문에 그것을 매워줄 필요가 있다 [19]. 그러나 선 성분 검출 때마다 매우는 것은 매 흑화소마다 다른 직선과의 교차점인지 아닌지를 확인해야 되기 때문에 계산량이 매우 증가하게 된다. 이러한 문제점은 선 성분 검출시 각 흑화소를 삭제하면서 삭제된 흑화소를 선이 검출된 흑화소임을 나타내는 값으로 레이블링하고 다음 선 성분을 검출할 때 레이블링된 흑화소를 선의 일부로 인식함으로써 손쉽게 해결된다. (그림 7)은 추적을 위한 3방향 연결 요소를 나타내며, (그림 8)은 레이블링 방법 및 결과를 나타낸다. (그림 8a)는 4개의 교차점을 보여주며, (그림 8b)는 수직선이 검출된 후 교차점에 빈 공간이 생긴 것을 보여주고, (그림 8c)가 레이블링 결과를 나타낸다.



(a) 수평선 (b) 수직선
 (그림 7) 선 추적을 위한 3방향 연결 요소

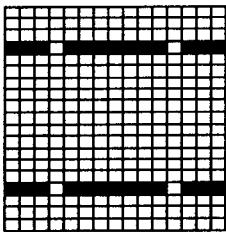


(a) 교차점

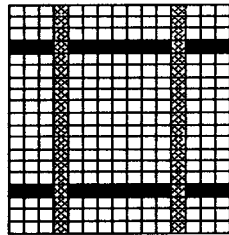


(b) 선 성분

(그림 9) 문자 영역과 선 성분



(b) 선 검출로 인한 공간



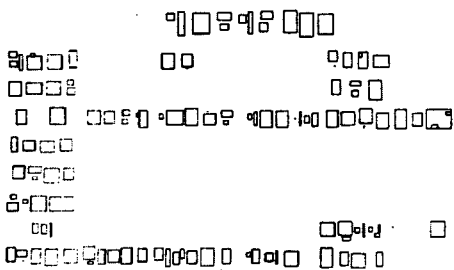
(c) 레이블링 결과

(그림 8) 레이블링의 효과

3.4.3 문자 영역 분리

필기 서식 문서에서의 문자 영역 분리는 개인별 필기 습관의 차이에 의해 다양한 형태의 서식 문서가 만들어 질 수 있으므로 기존의 인쇄 서식 문서 처리에 사용한 연결 요소 분석법[2, 16, 17], 투영법[12, 18] 등에 의해 수행되기가 용이하지 않다. 따라서 먼저 직선 성분을 검출한 후 연결 요소 분석법을 적용하여 문자 영역을 처리하면 비교적 용이하게 문자 영역이 검출된다. 영상 내에서 이미 직선 성분이 검출되었기 때문에 단순히 연결 요소를 추출하고 각 연결 요소에 바운딩 상자(bounding box)를 작성함으로써 문자 영역의 시작 좌표와 크기를 검출해 낼 수 있다.

(그림 9)는 (그림 3)의 영상에서 문자 영역과 선 성분을 분리한 결과이다.



(a) 문자 영역

3.5. 벡터화

필기 서식 문서는 동일한 서식이라고 해도 필기구나 개인별 필기 습관의 차이에 의해 인식 결과가 달라질 수 있다. 따라서 검출된 선 성분을 직접 벡터화 할 수 없고 검출된 선을 분석하여 서식의 구조를 추정하고 그 결과에 따라 벡터화를 수행해야 한다.

이들 중 가장 큰 문제는 흐리게 필기 되었거나 필기 오류에 의한 선의 끊어짐 현상이다. 선의 한 가운데가 끊어지는 현상은 대부분 선을 그릴 때 잉크가 고르게 공급되지 않았기 때문이고, 선의 교차점에서 서로 만나지 않거나 지점을 초과하여 선이 그려진 경우는 대부분 필기자의 부주의나 필기 습관의 차이에 기인한 경우라고 할 수 있다.

따라서 정확한 벡터를 얻어 내기 위해서는 끊어진 선을 연결하여 하나의 선으로 만들고, 지점을 초과하거나 부족하게 그려진 선은 길이를 축소하거나 확장하는 처리가 필요하게 된다. 이러한 처리는 다음과 같은 절차로 수행되어 진다.

- (1) 검출된 선 성분을 수평, 수직선 구분 및 시작점의 좌표에 따라 정렬한다. 그러면 검출된 선 성분은 먼저 수평선과 수직선으로 구분되고, 영상의 좌측 상단을 기준으로 수평선은 상하, 좌우 순서로 수직선은 좌우, 상하 순서로 정렬된다. 그리고 각 선에 일련번호를 붙인다.
- (2) 수평선은 수평선 끼리, 수직선은 수직선끼리 선 사이 거리의 평균값을 구한 다음 두 선의 중첩 여부 및 두 선의 시작점과 끝점의 거리를 조사하여 동일한 선인지 아닌지를 식별하면서 각 선의 일련번호를 수정한다(동일한 선으로 판단되는 경우 모든 선에 이미 붙여진 일련 번호 중 처음 나온 가장 작은 번호를 붙임). 다음은 동일선이 아님을 판

단하는 기준이다.

- (가) 두 선의 시작점과 끝점이 서로 중첩된 경우
 - (나) 수평선의 경우 앞 선 끝점과 다음 선 시작점의 거리가 수직선 평균 간격의 1/2 또는 미리 정한 임계값 보다 떨어져 있는 경우
 - (다) 수직선의 경우 앞 선의 끝점과 다음 선 시작점의 거리가 수평선 사이 평균거리의 1/2 또는 미리 정한 임계값 보다 멀리 떨어져 있는 경우
- (3) 단계(2)에서 붙여진 번호를 참조하여 동일한 번호인 선을 하나로 연결하면서 각 일련번호가 연속되게 만든다.
- (4) 가장 바깥쪽 선분 네 개를 서로 비교하여 서식의 바운딩 상자를 만든다. 모든 선이 수평선, 수직선으로 구분되고, 상하 좌우 위치에 따라 정렬되어 있으므로 바운딩 상자를 손쉽게 찾을 수 있다.
- (5) 바운딩 상자를 중심으로 정렬된 순서에 따라 각 선을 확장하거나 축소하면서 서식의 형태를 만들어 가며 각 선의 정확한 길이를 추정한다.

<표 2>는 위의 절차에 따라 (그림 4)를 처리하여 획득한 선 성분 벡터이다. <표 2>의 구분 열의 1은 해당 선 성분이 수평임을 나타내고 2는 수직임을 나타낸다.

<표 2> 선 성분이 벡터화된 결과

연번	구분	x0	y0	x1	y1
1	1	37	92	1119	33
2	1	37	288	1119	248
3	1	286	357	1119	311
4	1	37	489	1119	407
5	1	37	588	1119	503
6	1	37	692	1119	623
7	1	286	776	1119	731
8	1	37	902	1119	835
9	1	37	1547	1119	1523
10	2	23	59	42	1531
11	2	261	336	285	864
12	2	493	265	497	443
13	2	551	864	567	1531
14	2	611	542	619	864
15	2	1113	59	1119	1531

4. 실험 및 결과

4.1 실험 환경

필기 서식 문서의 문자 분리 및 서식 벡터화를 위한

실험 환경의 하드웨어는 PentiumII 333MHz, 128MB 메모리의 IBM PC이고 운영체제는 Windows98이며, 프로그래밍 언어는 Microsoft Visual C++ 6.0을 사용하여 구현하였다. 서식 입력을 위한 스캐너는 Sharp사의 JX-330P를 사용하여 모든 서식을 300DPI의 해상도로 입력하였다.

4.2 실험 방법 및 결과

제안된 방법의 유효성을 조사하기 위한 실험은 크게 두 가지로 나누어 실시하였다. 하나는 서식을 작성할 때 자를 사용하게 하였으며, 다른 하나는 자를 사용하지 않고 평소의 필기 습관대로 서식을 작성하게 하였다. 두 가지 모두 개인별 필기 습관이나 필기구에 따른 제약을 가하지 않을 목적으로 하였기 때문에 많은 서식을 작성하는 것보다 동일한 서식을 각각 다른 사람이 평소에 즐겨 사용하는 필기구를 사용하여 평소의 습관대로 작성하게 하였다. 따라서 작성된 서식은 동일한 서식이지만 특정 선이 심하게 왜곡되어 있거나 정확히 작성되지 않는 등 작성 결과가 매우 다양함을 보였다. 서식의 형태는 미리 주어졌기 때문에 큰 차이를 보이지 않았으나 작성된 서식을 스캐너로 입력하여 영상을 비교한 결과 필기구에 따른 선명도는 커다란 차이를 보였다. 이러한 차이는 입력 단계에서의 잡영 발생을 최소화하기 위해 스캐너의 파라미터 설정시 밝기(bright) 값을 높게 하여 밝은 영상으로 입력하고 전처리인 DRC 처리를 통해 보상하였다.

실험은 크게 구분하면 전처리를 수행하지 않은 경우와 전처리를 수행한 경우의 두 가지로 나눌 수 있지만, 좀더 세분하면 다음과 같이 자를 사용하여 작성한 서식과 자를 사용하지 않은 서식에 대해 전처리를 수행하지 않은 경우와 전처리를 수행한 경우의 네 가지로 나눌 수 있다.

실험 1 : 자를 사용한 서식에 대해 전처리를 수행하지 않은 경우

실험 2 : 자를 사용한 서식에 대해 전처리를 수행한 경우

실험 3 : 자를 사용하지 않은 서식에 대해 전처리를 수행하지 않은 경우

실험 4 : 자를 사용하지 않은 서식에 대해 전처리를 수행한 경우

<표 3>은 위의 네 가지 실험 결과를 나타낸 것이

다. 이 표에서 보는 것과 같이 25명이 작성한 서식 내에 존재하는 총 벡터수는 각각 375개로 이들 벡터가 검출 대상이 된다. <표 3>에서 '검출 벡터'란 각 실험 별로 검출된 벡터의 수를 말하며, '미검출 벡터'란 서식 내에 존재하는 벡터 중 검출되지 않은 벡터의 수를 말한다. 그리고 '오검출 벡터'란 서식내에 존재하는 벡터 중 부정확하게 검출된 벡터와 서식내에 존재하지 않는 벡터이지만 문자 영역이 오인식 되었거나 잡음 등으로 인하여 잘못 벡터화된 경우를 말한다.

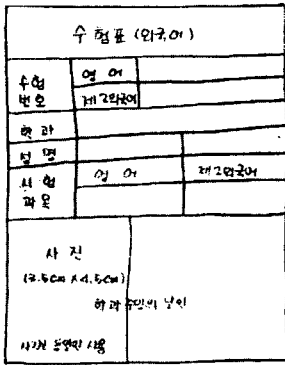
<표 3>에서 보는 것과 같이 가장 우수한 벡터화 결과를 보여주는 것은 실험2로 자를 사용한 서식에 대해 전처리를 수행한 경우이며, 그 다음은 자를 사용하지 않은 서식에 대해 전처리를 수행한 경우이다. 또한 자의 사용 여부에 관계없이 전처리를 수행한 경우와 수행하지 않은 경우에도 벡터화 결과에 있어서 현격한

차이를 보인다. 전처리를 수행했을 때 자를 사용한 경우는 전처리를 수행하지 않았을 때보다 오검출 양의 69.8%가 감소하였으며, 자를 사용하지 않은 경우는 전처리를 함에 따라 오검출 양의 53.5%가 감소하였다.

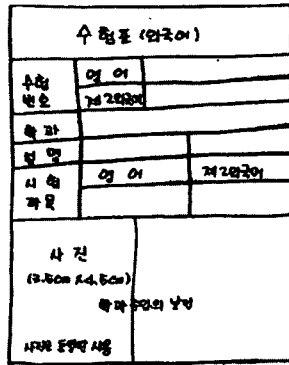
(그림 10)은 <표 3>의 서식 문서의 벡터화 결과를 도표로 나타낸 것이다.

<표 3> 서식 문서의 벡터화 결과

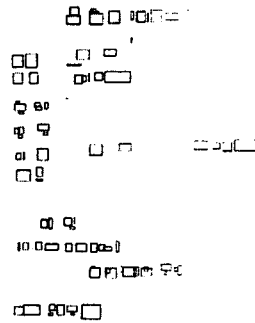
구 분	총 벡터수	검출 벡터	미 검출 벡터	오 검출 벡터	비 고	
					자 사용 여부	전 처리 여부
실험1	375	325	50	43	○	×
실험2	375	373	2	13	○	○
실험3	375	341	34	58	×	×
실험4	375	373	2	27	×	○



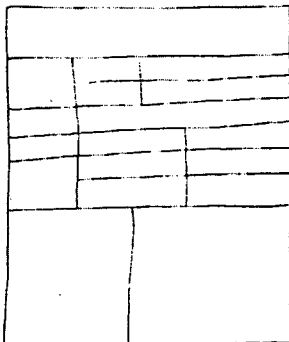
(a) 자를 사용하지 않은 서식 영상



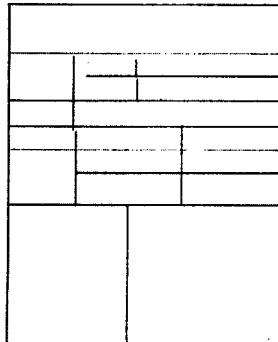
(b) 전처리가 완료된 영상



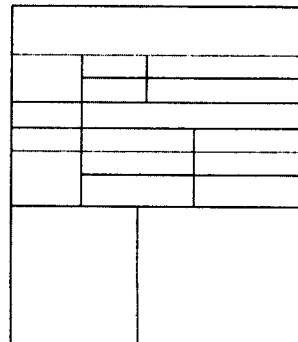
(c) 문자 영역만을 표시한 영상



(d) 선 성분이 추출된 영상

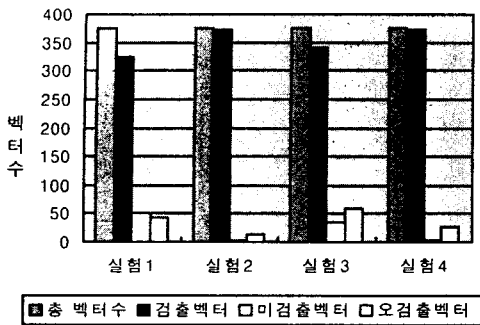


(e) 선 성분이 정렬된 영상



(f) 선 성분이 벡터화 된 영상

(그림 11) 자를 사용하지 않은 서식의 각 단계별 처리 결과의 예



(그림 10) 서식 문서의 벡터화 결과 그래프

제안된 방법의 수행 시간은 동일한 서식이라고 해도 전처리 전후와 영상의 기울어짐 여부에 따라 흑화소 비율 및 영상의 크기가 달라지기 때문에 일정하지 않다. 가장 빠르게 수행되는 경우는 전처리 및 기울어짐 교정 처리를 하지 않는 경우로 전체 10.33초가 소요되었다. 반면에 가장 긴 처리 시간이 요구되는 경우는 전처리 및 기울어짐 교정 처리 두 가지를 모두 수행하는 경우로 전체 수행시간은 51.79초이며 각 단계별 수행 시간은 DRC 처리 2.41초, 이진화 및 세선화 15.38초, 기울어짐 추정 11.97초, 기울어짐 교정 및 세선화 17.47초 그리고 문자 영역 처리 및 벡터화에 4.56초가 소요되었다.

전처리나 문자 영역 처리 및 서식 벡터화의 수행시간은 각각 5초 이내로 매우 빠른 수행 속도를 보이고 있다. 그러나 이진화 및 세선화와 기울어짐 교정 처리에 소요되는 시간이 상대적으로 길게 소요되어 전체 처리 시간에 미치는 영향이 크다. 특히 기울어짐 교정이 필요한 경우 이진화 및 세선화를 두 번 수행하기 때문에 전체 수행시간이 크게 증가한다. 이러한 문제점은 기울어짐 추정에 사용된 세선화된 영상을 이용하여 기울어짐을 교정한다면 한 번의 이진화 및 세선화 시간을 단축할 수 있어 약30%의 수행시간 개선 효과를 거둘 수 있다.

(그림 11)은 실험에 사용한 서식 중 자를 사용하지 않고 설계한 서식의 한 개를 선택하여 각 처리 단계별 결과를 나타낸 것이다.

5. 결 론

기존의 서식 문서 처리에 관한 연구가 대부분 인쇄된 서식을 대상으로 하여 서식에 기록된 데이터 항목을 자동으로 추출하는 것을 목적으로 하였으나 이 연

구에서는 손으로 설계한 서식 문서를 대상으로 하여 문자 영역과 선 성분을 분리하고 서식을 이루는 선 성분을 벡터화 하는 방법을 제안하였다.

제안된 방법은 개인별 필기 습관이나 필기구에 의한 차이에 제약을 두지 않고 작성된 서식 문서를 대상으로 하였기 때문에 필기구의 차이를 보상하기 위한 전처리인 DRC 알고리즘을 채택하였으며 개인별 필기 습관의 차이에 의한 서식 형태의 변형을 보상하기 위해 선 성분 추출 후 이들을 정렬, 병합 및 교정하는 알고리즘을 구현하였다. 제안된 방법에 따라 25명에게 필기구에 제한됨 없이 하나는 자를 사용하게 하고 다른 하나는 자를 사용하지 않게 하여 작성한 서식을 대상으로, 전처리를 수행하지 않은 경우와 전처리를 수행한 경우로 나누어 실험한 결과, 총 750개의 벡터 집합 중에서 전처리를 수행하지 않은 경우는 666개와 전처리를 수행한 경우에는 746개의 벡터를 검출하는데 성공함으로써 제안된 알고리즘이 손으로 설계한 서식 문서의 문자 영역 분리 및 서식 벡터화에 유용함을 확인하였다.

아울러 손으로 작성한 서식 문서를 스캔하여 입력한 영상은 개인별 필기 습관이나 필기구의 차이에 의해 동일한 서식이라도 매우 다양한 형태의 영상으로 입력됨을 확인할 수 있었고, 필기구나 필기 방식에 제약을 가하지 않고 손으로 설계한 서식 문서를 인식하는 것은 앞으로도 많은 연구가 필요한 과제임을 확인하였다. 추후 손으로 작성한 서식 문서의 인식에 있어 중점적으로 연구할 과제로는 다양한 전처리 기법에 관한 연구와 더불어 선 성분 추출 후 분리된 문자 영역 정보를 이용하여 피드백(feedback) 함으로써 임계값을 동적으로 변화하게 하여 특정 서식 및 문자의 크기에 관한 제약이 없이 각 영역을 분리해 내는 것과 사각형 형태의 서식 뿐만 아니라 직선과 곡선이 포함된 좀더 복잡한 형태의 서식 분석에 관한 연구 및 벡터화된 서식의 모델링에 관한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 이성환, 문자인식 : 이론과 실제 I, II권, 홍릉과학출판사, 1994.
- [2] 김기철, 이성환, "서식 문서 영상의 구조 분석", 한국정보과학회논문지, 제22권 제1호, pp.182-192, 1995.
- [3] 정선화, 김수형, "과다 분리 및 사전 후처리 기법을 이용한 한글이 포함된 무제약 필기 문자열의 오프라

인 인식”, 정보과학회논문지(B), 제26권 제5호, pp. 647-656, 1999.

[4] 박희규, 김수형, “선택적 주의집중에 의한 문서영상의 효율적인 기울어짐 추정”, 정보과학회논문지(B), 제26권 제10호, pp.1193-1203, 1999.

[5] 한동협, 조성배, “오프라인 필기한글을 위한 지식기반 세션화 알고리즘”, 정보과학회논문지(B), 제25권 제9호, pp.503-515, 1998.

[6] K. Y. Wong, R. G. Casey, F. M. Wahl, “Document Analysis System,” IBM J. Res. Develop., Vol.26, No.6, pp.647-656, 1982.

[7] L. A. Fletcher, R. Kasturi, “A Robust Algorithm for Text String Separation from Mixed Text/Graphics Images,” IEEE Trans. on PAMI, Vol.10, No.6, pp. 910-918, 1988.

[8] R. G. Casey, D. R. Ferguson, “Intelligent Forms Processing,” IBM Systems Journal, Vol.29, No.3, pp.435-450, 1990.

[9] J. Yuan, L. Xu, and C. Y. Suen, “Form Items Extraction By Model Matching,” Proc. of ICDAR '91, pp.210-218, 1991.

[10] C. D. Yan, Y. Y. Tang and C. Y. Suen, “Form Understanding System Based on Form Description Language,” Proc. of ICDAR'91, pp.283-293, 1991.

[11] S. W. Lam, L. Javanbakht and S. N. Srihari, “Anatomy of a Form Reader,” Proc. ICDAR'93, pp. 506-509, 1993.

[12] S. Chandran and R. Kasturi, “Structural Recognition of Tabulated Data,” Proc. of ICDAR'93, pp.516-519. 1993.

[13] E. Green, M. Krishnamoorthy, “Model-Based Analysis of Printed Tables,” Proc. of ICDAR95, pp. 214-217, 1995.

[14] J. Liu, X. Ding and Y. Wu, “Description and Recognition of Form and Automated Form Data Entry,” Proc. of ICDAR'95, pp.579-582, 1995.

[15] J. F. Arias, R. Kasturi and A. Chhabra, “Efficient Techniques for Telephone Company Line Drawing Interpretation,” Proc. of ICDAR'95, pp.795-798, 1995.

[16] J. F. Arias, A. Chhabra and V. Misra, “Interpreting and Representing Tabular Documents,” Proc. of CVPR, pp.600-605, San Francisco, CA, 1996.

[17] Y. Y. Tang, J. Liu, “Information Acquisition and Storage of forms in Document Processing,” Proc. of ICDAR'97, pp.170-174, 1997.

[18] K. Zuyev, “Table Image Segmentation,” Proc. of ICDAR'97, pp.705-708, 1997.

[19] J. F. Arias, A. Chhabra, and V. Misra, “Finding Straight Lines in Drawings,” Proc. of ICDAR'97, pp.788-791, 1997.

[20] Y. Solihin and G. Leedham, “Mathematical Properties of the Native Integral Ratio Handwriting and Text Extraction Technique,” Proc. of ICDAR'97, pp.1102-1106, 1997.

[21] C. Cracknell, A. C. Downton, and L. Du, “An object-oriented form description language and approach to handwritten form processing,” Proc. of ICDAR'97, pp.180-184, 1997.

[22] Yan Solihin and C. G. Leedham, “Integral Ratio : A New Class of Global Thresholding Techniques for Handwriting Image,” IEEE Trans. on PAMI, Vol. 21, No.8, pp.761-768, 1999.

[23] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing Company, 1992.

[24] F. Chang, Y. P. Cheng, T. Pavlidis, and T. Y. Shuai, “A Line Sweep Thinning Algorithm,” Proc. of Third Int'l Conf. Document Analysis and Recognition, pp.227-230, 1995.



김 병 용

e-mail : bykim@cs.youngseo.ac.kr

1981년 충남대학교 전자공학과 학사

1988년 한양대학교 전자공학과 석사

1994년~현재 충남대학교 컴퓨터
공학과(박사과정)

1989년~현재 상지영서대학 전자
계산과 교수

1996년~1997년 미국 SUNY Stony Brook, Visiting
Scholar

관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터그래픽



권 오 석

e-mail : oskwon@cnu.ac.kr

1977년 서울대 전자공학과 학사

1980년 한국과학기술원 전기 및

전자공학과 석사

1992년~현재 한국과학기술원
전산학과 박사과정

1980년~현재 충남대 공대 정보통신공학부 교수

관심분야 : 신경회로망, 패턴인식, 퍼지이론 및 응용,
영상처리