

실용적 한글 문서 자동 인식 시스템 개발의 문제점 및 개선 방향

이 성환, 조 창재, 김 진형
한국과학기술원 전산학과

Practical Korean Document Recognition System:
Problems and Directions for Improvement

Seongwhan Lee, Change Cho and Jin H Kim
Department of Computer Science, KAIST

요약

본 논문에서는 한국과학기술원 전산학과 인공지능 연구실에서 개발하고 있는 한글 문서 인식 시스템의 소개와 이 시스템의 개발 과정에서 발견된 문제점들과 이를 극복하기 위한 방법론을 소개하며 국내에서 이 방법의 연구를 활성화하기 위하여 한글 문서/문자 영상 데이터 베이스의 구축을 제안한다

I 서론

컴퓨터에 의한 문자 영상의 인식에 관한 연구는 지난 30년간 계속되어 왔어도 실용화를 위해서는 아직도 풀리지 않은 여러가지 문제가 남아 있는 어려운 분야이다 초기에는 주로 문자 영상이 이상적인 형태로 입력된다고 가정하거나 광학 문자 판독기처럼 특별히 고안된 문자나 기호만이 입력된다고 가정하여 제한된 영역에서의 인식문제를 해결하였다 우리는 이미 광학 문자 판독기 채집지에서 사자택일형의 입문문에 익숙해 있고 신용카드의 고지서에 붙어나오는 광학 문자 판독기 용지를 매달 집하고 있다 그러나 필기체로 기록한 문서는 물론이고 인쇄체 문자라 하더라도 제한없이 여러가지 활자체를 혼합 사용한 문서의 인식은 현재로는 거의 불가능하다.

한국과학기술원 전산학과 인공지능 연구실에서는 실용적인 한글 문서 인식 시스템의 개발에 착수하여 2년간의 기초조사와 시스템 설계를 마치고 지금 프로토타입의 완성을 목표로 연구중에 있다 이 논문에서는 현재 개발하고 있는 한글 문서 인식 시스템의 소개와 개발과정에서 발견된 문제점들 및 이를 극복하기 위한 방법론, 그리고 국내에서 이 방법의 연구를 활성화하기 위한 방안으로 한글 문서/문자 영상 데이터 베이스의 구축을 제안한다

II 한글 문서 인식시스템

한글 문서 인식시스템은 우리가 일상적으로 사용하는 한글 문서의 인식을 목표로 한다 한글 문서란 잡지의 한 페이지나 신문, 혹은 연구보고서, 또는 서류 등을 일컫는다 문서는 도형, 사진과 같이 문자가 아닌 영역과 본문 기사와 같이 문자의 영역이 섞여 있다 따라서 개발중인 시스템은 문서의 영상을 입력 장치로 받아들여 도형 및 사진은 컴퓨터에서 처리할 수 있는 영상 자료로, 문자부분은 각 문자에 해당하는 부호(code)로 출력

한다. 사용자의 요구가 있을 때에는 글자 및 도형의 위치 정보도 같이 출력하도록 설계되어 있다. 따라서 입력된 문서의 재생이 가능하고 입출력을 Bit-mapped 그래픽 기능을 갖는 편집기와 연결할 수 있도록 설계하였다

한글 문서인식 시스템은 크게 전처리, 문자 인식, 인식 확인의 3가지 단계로 구분할 수 있다[1] 전처리 과정은 입력영상을 그림부분과 문자부분으로 구분한 다음 그림부분은 영상자료 형태로, 문자부분은 문자영상의 집합으로 보관하여 문자 인식과정에서 처리할 수 있도록 해 주는 것이다 이 과정에서는 문서의 영상이 항상 똑 바로 들어온다고 가정할 수 없기 때문에 입력된 문서영상의 기울어진 각도를 계산하고 그 각도만큼 영상을 돌려서 바로 잡아야 한다 그 다음 입력 문서의 특성에 따라서 전체적인 구조를 분석한다. 즉 입력문서가 논문, 신문 혹은 일반 서적인가에 따라서 그에 대응되는 구조 분석 알고리즘을 사용한다 현 기술수준으로는 일반적인 문서, 즉 신문, 잡지, 보고서, 서류 등의 종류에 무관하게 구조를 분석할 수 있는 알고리즘의 개발은 불가능하다 그러나 특정 영역에서 특수한 경우에 사용할 수 있는 알고리즘의 개발은 상대적으로 용이하다. 이러한 경향을 잘 나타내주는 것이 소위 지식처리형 시스템, 혹은 전문가 시스템으로 불리워지는 기법이다 본 연구실에서는 우선 단순한 형태로서 연구보고서의 구성 형식을 이해할 수 있는 알고리즘과 신문의 구조적 특성 분석을 통하여 기사를 추출할 수 있는 알고리즘을 개발하였다[2]

연구보고서 형식은 가로쓰기이며 전단(1-Column) 형식이다 이렇게 단순한 형태의 문서에서는 그림 영역과 문자영역이 구분이 용이하고 문자영역에서는 열(Line)간의 거리, 사용된 활자의 크기 등을 쉽게 추론할 수 있다

활자의 크기를 알아낸 후에 문자영역을 각 열로 구분하고,

각 열은 문자영상의 집합으로 분리해낸다 또한 필요하다면 문자영상을 일정한 크기로 정규화할 수도 있다 그러나 문자영상이 매우 작기 때문에 정규화 과정을 수행하면 많은 변형이 일어난다 따라서 문자인식 알고리즘을 글자의 크기에 따라서 달리 쓰는 경우가 있더라도 정규화 과정을 회피하는 것이 효과적이다

문자인식단계는 전처리 과정에서 넘겨 받은 문자단위의 영상을 분석하여 이를 부호화하는 단계이다 이 과정은 지금까지 국내에서 많은 연구가 있고 이미 개발된 여러가지 알고리즘을 사용할 수가 있다 현재 본 연구실에서 목표로 하는 시스템의 인식 대상은 특정 활자체를 이용한 인쇄체 문장이기 때문에 비교적 단순한 알고리즘도 우리의 요구에 만족할 수 있다고 생각한다 이 과정에서의 문제점에 대하여는 뒤에서 독립된 항으로 다루기로 하고 여기서는 이 문제를 그 동안 매우 많은 사람이 국내에서 연구하였지만 아직도 잘 풀리지 않는 어려운 문제라는 점만을 밝히기로 하자

문자인식 시스템의 마지막 단계는 확인 단계, 즉 오인식의 수정단계이다 이 과정에서는 문자인식 시스템이 문자단위 영상만을 독립적으로 분석하여 도출한 인식 결과를 확대하여 전체를 볼 수 있는 관점에서 오류를 수정하는 과정이다 예를 든다면 문자인식 단계에서 "컴퓨터"라는 인식결과가 나왔다면 이는 필히 컴퓨터의 오인식일 것이나 이 인식단계에서는 사용한 인식 알고리즘의 특성, 즉 어느 글자가 어느 글자로 잘못 인식되는 경우의 수가 많았다는 등의 통계적 자료와 음절의 출현빈도, 혹은 단어의 출현 가능성 여부 등의 여러가지 정보를 종합하여야 한다 가능하다면 문맥적 지식까지 사용하는 것이 더욱 좋은 결과를 낼 수 있겠지만 현재의 기술 수준으로는 인식한 문장의 "이해"를 통한 문장의 수정은 아직 요원한 단계이다 본 연구실에서는 한글문장의 구조적 특징과 위에서 언급한 통계적 자료 등을 고려한 오인식 수정 알고리즘을 개발하였는데 그 성능이 매우 우수하다[3]

III. 실용적인 한글 문서 인식 시스템의 개발에 있어서의 문제점 1 인식대상 문서의 형태에 관한 제약

앞서 언급한 바와 같이 일반적인 문자인식 시스템을 개발한다는 것은 불가능할 정도로 어려운 문제이다 주지하는 바와 같이 현재의 인공지능 방법론으로 일반적인 문제를 해결하고자 하는 것은 불가능한 것으로 알려지고 있다 소위 지식기반형 시스템이라고 해서 어느 특정 영역의 지식을 이용하여 매우 제한적인 경우에만 사용할 수 있는 시스템을 만드는 것이 현 기술수준이다 문서 인식시스템도 그 예외가 아니다 현재 개발된 문자인식 시스템은 (물론 모두 외국에서 개발된 문서 인식 시스템이다) 모두 제한적이다 즉, 문서의 형태 및 사용하는 활자의 종류에 있어서 심한 제한을 가하고 있다. 인식하고자 하는 문서가 어떠한 형태로 되어 있고 어디에 인식할 문자가 있다는 등의 사전 지식 없이는 인식할 문자를 추출해 내는 것은 매우 어려운 작업이다 더구나 도형이나 사진 속에 내재된 문자의 영상을 추출하는 것이나 부호있는 바탕위에 쓰여진 문자를 인식한다는 것은 현 기술 수준으로는 매우 어려운 과제라고 여겨진다

본 연구실에서 개발한 한국신문영상을 구조적으로 분석하여 문자영상을 추출하는 시스템[2]에 대하여 간단히 알아보자 이 시스템은 신문의 영상을 입력으로 받아들이어 각 기사별로 제목과

기사 본문을 형성하는 문자영상을 순서대로 출력한다 이 시스템은 국내에서 발견되는 일간지의 형태와 기사배치에 관한 규칙, 그리고 사용하는 활자의 대략적인 크기 등을 미리 알고 있다 신문영상이 들어오면 분리선, 영역의 통계적 특성, 즉 평균명도, 표준편차 등을 감안하여 기사영역, 제목영역, 도표 및 사진영역 등으로 가설을 세우고 각 영역간의 상호관계를 따져봄으로써 여러가설 중 하나를 확정짓게 된다 다음 단계는 각 영역에서 문자영상을 추출한다 그러나 신문의 형태가 변하거나 다른 형태의 문서에서는 이 시스템을 그대로 적용할 수 없다

또 하나의 예로 특정형식의 문서를 대상으로 할 때이다 그 예로서 물품청구서를 자동으로 처리한다고 가정했을 때 어느 곳에 물품의 명세가 존재하고 수많은 어디에 기록되는 지를 사전에 예측할 수 있으므로 인식률도 높이고 처리 속도도 높일 수 있다 이렇게 했을 때 상용의 퍼스날 컴퓨터에 스캐너만을 추가하여 기존의 광학 문자 판독시스템을 대신할 수 있으리라고 본다.

2 기울어진 문서의 수정에 관한 문제

기울어진 문서를 바로 잡는 문제는 수학적으로는 매우 잘 정의된 문제이지만 영상처리에서는 문제점이 많다 우선 기울어진 각도를 계산하여야 하는데 여러가지 방법론이 제안되어 있지만 시간이 너무 많이 소요되거나 일반적이지 못한 경우가 대부분이다 또한 각도를 알고난 후 문서를 바로 잡는 과정에서의 문제점은 다음과 같다 첫째는 속도상의 문제로 1600x1600 크기의 영상을 0만컴 회전하는데 알고리즘을 C 언어로 프로그래밍했을 때 IBM PC AT상에서 10분 이상 걸리고 어셈블리 언어로는 1분정도 걸린다 특수 목적의 메모리 시스템을 고밀도 집적회로로 개발하여 1초 이내에 수행했다는 일본에서의 연구결과가 있다[4] 둘째는 0만컴 회전시 정수로 반올림할 때 생기는 오차 때문에 영상에 변형이 생기게 된다 한 문자영상을 형성하는 화소가 32x32일 때 두 화소의 변형은 복잡한 한글 음절을 뭉개버리는 효과가 발생한다.

3 활자의 종류 및 크기에 관한 제약

문서에는 보통 여러가지 크기의 활자체가 사용된다 제목이나 부제, 강조사항 등은 본문의 활자보다 큰 활자를 사용하거나 볼드 페이스(Bold Face)등을 사용한다 물론 문서의 본문도 명조체, 고딕체, 등등의 여러가지 활자체가 혼합 사용될 수도 있다 사용한 활자체를 알지 못할 때 비록 인쇄체 문서라 하더라도 인식이 그리 쉽지 않다[5] 보통 인쇄체 문자의 인식에서는 통계적인 특징(Feature)을 사용하게 되는데 통계적 특성이 활자체에 따라서 조금씩 다르게 된다. 따라서 활자체의 변화에 무관한 알고리즘은 문자의 구조적 특징에 근거한 방법론을 도입하여야 하는데 이 방법은 계산량이 많아서 많은 시간을 요하게 되고 또 모든 경우에 적용할 수 있는 공통적인 구조적 특징을 발견하기가 쉽지 않다

4 문자영상의 인식문제

한글문자 영상의 인식에 관한 연구는 지난 20년간 국내에서 걸쳐서 여러 곳에서 수행되었다 한글의 인식문제는 패턴인식을 공부한 사람은 누구나 한번쯤 연구과제로 생각해 보았을 것이다 국에서의 한글 인식 연구는 대부분 한국유학생의 학위논문 연

구가 그 주종을 이룬다 국내에서도 학위논문 연구로서 한글 문자인식에 관한 많은 연구가 있었고 지난 20여년간 정보과학회 논문지, 전자공학회 논문지, 통신공학회 논문지 등에는 적지 않은 수의 논문이 게재되었다[6]

인쇄체 문자의 경우는 보통 통계적인 방법에 기반을 두고 위치정보를 이용하여 글자를 분류하고 있다 1960년대에 개발된 영문자를 인식하는 알고리즘들은 한글의 경우로 쉽게 전이할 수 없다 왜냐하면 영어는 글자의 종류가 100개 미만인데 반해 한글의 경우 상용 음절이 1500개 정도 되기 때문이다 그러나 일본에서 주로 연구되었던 한자인식 알고리즘이 한글의 경우로 쉽게 적용된다 이들이 대부분 통계적 특성에 의한 인식방법론인데 80% 이상의 인식률을 올릴 수 있다 인식률은 입력영상의 현실성과 처리속도와 연관지어 논의되어야 한다 한 글자를 256x256의 해상도로 입력받아 인식한다면 실용성이 없기 때문에 그 인식률은 별 의미가 없다 여기에서 말하는 80% 인식률이란 32x32 정도의 해상도로 2진의 문자영상 하나를 입력받아서 퍼스널 컴퓨터 상에서 1초 이내에 식별한다는 전제조건에서의 인식률을 말한다 물론 입력영상은 인위적으로 합성해서 만든 것이 아니라 스캐너에서 받은 그대로 노이즈가 포함된 상태의 것이어야 한다

또 다른 문자인식 알고리즘으로는 문자의 구조적 특징을 이용하는 방법이 있다 이 계열의 인식 알고리즘은 문자를 구성하는 기본요소(Primitive)를 정의하고 이 요소들의 조합상태에 따라서 문자를 인식하게 되는데 한글의 경우 기본요소로서 획(Stroke)을 많이 사용한다 그러나 문제는 문자영상에서 획을 추출하는 것이 쉬운 문제가 아니다 많은 경우에 일반적인 영상에서 뼈대(Skeleton)를 뽑아내는 방법을 그대로 사용하는데, 이 경우 불필요한 굴곡점이 많이 발생하여 인식을 어렵게 만든다 또한 이러한 방법론은 통계적인 방법보다는 계산이 훨씬 복잡하여 처리에 많은 시간이 소요되는 것이 보통이다[7,8].

통계적 방법에서는 노이즈가 덜 민감한 특징을 갖고 있지만 유사한 글자를 분리하기 힘들다 예를 들어 "이", "어", "아"의 글자에 약간의 노이즈가 반영되면 구분하기 힘들어진다 따라서 통계적인 방법으로 대략적인 후보(candidate)를 구하고 구조적인 분석에 의하여 그 중 하나를 선택하는 것이 인식률을 제고하면서 짧은 시간내에 처리할 수 있는 방법이라고 믿고 있다

오프라인 필기체의 인식은 당연히 구조적 분석에 의하여야 한다고 생각한다 손으로 쓴 한글의 인식에 관한 실험적인 시스템이 보고되어 있으나 실용화의 단계는 아직 요원하다 실용화를 위한 연구로서 미국에서는 손으로 쓴 숫자만으로 구성된 우편번호를 인식하기 위한 연구가 한창 진행되고 있다[9]

5 처리 속도에 관한 문제

처리속도와 인식률은 서로 Trade-off의 관계에 있다 빠른 처리 속도를 위해서 간단한 특징만을 사용한다면 식별능력이 떨어지게 되고 건실한 특징을 사용하려면 많은 시간이 소요된다 또한 높은 해상도의 입력장치를 사용하면 쉽게 인식률을 높일 수 있다 즉 문자영상을 32x32에서 64x64로 입력받으면 자세한 부분을 볼 수 있으므로 인식률도 증가한다 그러나 해상도가 높으면 그에 따라 처리시간도 증가하기 때문에 무작정 해상도만을 높일 수는 없다 따라서 개발하고자 하는 시스템의 요구에 맞추어 적절히 인식률과 처리속도간에 균형을 맞추어야 한다.

일반적으로 영상처리는 동일한 작업을 각 화소에서 반복해야 하기 때문에 전체적으로 많은 계산량이 필요하지만 이 계산은 병렬처리 하기에 적합하다 따라서 영상처리의 필요성에 의해 많은 전문 병렬프로세서와 메모리 시스템이 개발되고 있다 특히 최근에 고밀도 집적회로 기술의 발달로 병렬처리 알고리즘을 쉽게 하드웨어화 할 수 있기 때문에 문서인식시스템을 위한 고밀도 집적회로 칩의 개발도 연구해 볼만한 과제이다 특히 문서영상에서 문자영상을 추출한 뒤 부리는 문자영상의 인식알고리즘을 각각 독립적으로 수행시킬 수 있기 때문에 높은 수준의 병렬성을 기대할 수 있다 본 연구실에서도 문서인식을 지원하는 메모리 시스템의 설계와 병렬처리에 관한 연구를 추진하고 있다 [10]

6 센서에 의한 기계적인 제약

현재 본 연구실에서 사용하고 있는 영상 입력장치는 디지털 스캐너인데 인치당 200개의 도트를 스캔할 수 있는 능력이 있다 따라서 보통 사용하는 24-포인트 활자가 32x32 정도의 해상도를 갖고 있다 이러한 환경하에서는 노이즈에 의해 글자가 뭉개져서 자취를 추출하기 불가능한 경우가 종종 발생하고 있다 또 다른 기계적인 제약으로는 스캐너의 스캐닝 방법에 기인한 것인데 Wired 방식인 경우는 Roller의 말림의 정도가 좌우가 다를 수 있기 때문에 문서가 기울어져서 입력되어 마지막 열로 갈수록 글자의 변형의 정도가 심해지는 등 기계적 문제점이 뒤따른다

이러한 Wired 방식의 단점을 극복하기 위해서는 복사기처럼 종이가 고정되어 스캐닝 장치가 좌우로 움직일 수 있는 Flat-bed 방식이 매우 효율적이라고 생각한다

IV. 한글 문서/문자 영상 데이터베이스의 설계

이 장에서는 공동으로 사용할 수 있는 한글 문서/문자 데이터베이스, KCIDB(Korean Character Image Data Base)의 구축을 제안한다 일본에서는 이미 10여년전에 EIL 일본 문자 영상 데이터 베이스를 구축하여 연구에 이용하고 있다[11]. 국내에서 수행된 많은 연구의 결과에서 각자 자신이 개발한 알고리즘이 유용하다고 각자의 데이터를 사용하여 주장하고 있으나 그 데이터의 객관성이 타당하지 우려되는 경우가 종종 있었다 다시 말해서 알고리즘의 상대적 비교를 위해서는 동일한 데이터를 갖고 실험한 결과를 비교 분석하여야 한다 데이터베이스의 구축을 위해서는 우선 데이터의 형식을 결정하고 각 연구원이 각각 사용한 데이터를 형식에 맞추어 제공하면 공동으로 사용할 수 있는 이점이 있다 이렇게 되면 값비싼 입력장치가 없는 연구팀에서도 문서 혹은 문자인식에 관한 연구를 수행할 수가 있다고 생각한다

1. KCIDB의 명세

KCIDB는 문자를 크게 문서 영상과 문자 단위 영상의 두 가지 형태로 저장한다 문서 영상은 digitizer(스캐너 또는 카메라)를 이용하여 얻은 문서에 대한 영상을 말하며 문자 단위 영상은 문서 영상으로부터 문자와 도표를 구분하여 문자 단위의 영상을 추출한 결과를 말한다. 문서 영상은 digitizer로부터 얻은 결과 그대로인 raw-image와 digitizer에 의한 처리시에 기술어진 문서 영상의 각도를 교정해준 aligned-image가 있다 일반적으로 aligned-image는 기술어진 각도의 교정시에 발생하는 오류에 의

해서 원래 영상을 갖지 못한다 이 오류가 심한 경우에는 문자 인식이 불가능할 수도 있다. 문서는 한글, 한자, 영어가 적당히 혼용되기도 하고 필요에 따라서 한글만을 포함하는 경우도 있다

2 자료 표현 방법

KCIDB는 각각의 특성을 갖는 여러 개의 파일로 구성되며 각 파일은 해당 파일에 저장된 문자에 대한 정보를 갖고 있는 헤드(head) 부분과 문서 영상 또는 문자 단위 영상을 나타내는 자료(data) 부분으로 구성된다. 문자 단위 영상의 경우에 자료 부분은 각 문자의 너비(width)와 높이(height)에 대한 정보를 갖는다 헤드 부분에 들어갈 정보는 다음과 같다

- o File-type : 해당 파일이 문서 영상을 포함하고 있는 경우와 문자 영상을 포함하고 있는 경우를 구분한다
- o File-size : 문서 영상의 경우에는 문서의 높리와 너비에 대한 화소의 갯수를 나타내고, 문자 단위 영상의 경우에는 파일에 포함된 문자의 갯수를 나타낸다.
- o Font-type : 파일에 사용된 문자의 종류(한글, 한문, 영어)를 나타낸다.
- o Processing-state : Digtizer로부터 얻은 결과에 처리한 정도 (raw-image, aligned-image)를 나타낸다
- o Bits-per-pixel : Digtizer로부터 얻은 결과의 각 화소(pixel)가 차지하는 bit의 갯수.
- o Encoding-scheme : 압축화 기법을 표시한다 (universal, run-length-code)
- o Printing-device : 문서를 인쇄한 장비의 이름을 표시한다.
- o Input-device : Digtizer에 대한 정보를 나타낸다 (장비 이름, 수평 방향 해상도, 수직 방향 해상도)
- o Description : 이 문서의 관리에 필요한 여러가지 사실을 기록한다

자료 부분은 run-length-code로 압축화 된다 자료 부분이 정수(gray level)의 열 x_1, x_2, \dots, x_N 으로 이루어져 있다고 할 때 run-length 압축화는 이 열을 정수의 쌍 (g_k, l_k)의 열로 전환한다 여기서 g_k 는 gray-level을 나타내고 l_k 는 같은 gray-level을 갖는 화소의 갯수를 나타낸다 run-length 압축화는 같은 gray-level이 많이 반복되는 자료에 대해서는 자료의 압축률이 좋지만 gray-level의 변화가 심한 자료에 대해서는 오히려 원래 자료보다 더 많은 기억 장소를 차지하게 된다 그래서 여기서는 run-length 압축화를 할 때 반복되는 같은 gray-level의 갯수를 조사하여 임계치보다 더 적은 갯수이면 원래 자료를 기록하고 임계치보다 더 많은 갯수이면 압축화한다.

3 필요한 기능

데이터 파일을 KCIDB에 추가하거나 조회할 수 있는 더듬 기능이 필요하다

- o Encoder : Universal image file을 압축화하고 헤드 부분을 구성하여 KCIDB에 추가한다
- o Decoder : KCIDB에 포함된 파일을 universal image file로 해독한다

V. 결론

지금까지 한글 문서인식 시스템의 기본적인 구성 및 실용적인 문서인식 시스템을 개발하기위하여 고려해야 할 여러 사항을

살펴보았다 또한 한글 문서 인식에 관한 효율적인 연구를 위하여 한글 문서/문자 영상 데이터 베이스의 구축을 제안하였다 많은 사람이 "문서인식"하면 단순한 문자패턴 인식의 문제로 보는 데 이는 매우 편협한 생각이라고 느껴진다 물론 문자인식이 전체 시스템의 핵심이 되는 것은 사실이나 살펴본 바와 같이 전처리 및 인식 확인 단계에서 단순한 영상처리 이상의 문제가 많이 있다. 물론 이 중에는 쉽게 해결할 수 있는 문제도 있고 앞으로 5, 6년 내에는 도저히 해결할 수 없는 문제도 있다 산업체, 학교, 연구소 등에서 한글 인식 분야에 종사하고 있는 모든 연구원들은 KCIDB와 같은 공통의 데이터 베이스를 적극적으로 활용하여 독립적이고 단편적인 연구를 지양하고 한글 문서 자동 인식 시스템의 실용화에 동참할 수 있었으면 하는 바람이다

참고 문헌

- [1] 이 성환, 이 승호, 강 회중, 김 영훈, 박 진규, 심 원태, 김 진형, "문서인식 및 검색을 위한 전처리 시스템의 설계 및 구현," 한국 정보과학회 추계 학술발표회 논문집, 1986년 10월
- [2] 김 영훈, 이 성환, 김 진형, "신문의 구조적 분석을 통한 한국 신문 기사의 추출," 인공지능 연구회 춘계 학술발표회 논문집, 1988년 3월
- [3] 박 진규, 김 진형, "한글 문서 인식의 오인식 수정에 관한 연구," 한국 정보과학회 추계 학술발표회 논문집, 1987년 10월
- [4] A Tanaka, M Kameyama, S Kazama and O. Watanabe, "A Rotation Method for Raster Image using Skew Transformation," Proceedings of IEEE Computer Vision and Pattern Recognition Conference, pp 272-277, 1986
- [5] S Kahan, T. Pavlidis and H S Baird, "On the Recognition of Printed Characters of Any Font and Size," IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol PAMI-9, No 2, pp 274-288, 1987
- [6] 이 성환, 조 창재, 이 승호, 이 광호, 하 진영, 김 의경, 고 병기, 박 성진, 김 진형, "문서인식 및 처리기의 개발에 관한 연구," (주)삼보 컴퓨터 제품용 연구보고서, 1988년 3월
- [7] 이 승호, 김 진형, "한글의 구조적 인식을 위한 자취추출에 관한 연구," 한국 정보과학회 논문집, 1987년 10월
- [8] 심 원태, 김 진형, "혼합형 제어전략을 사용한 인쇄체 한글 문자의 인식," 한국 정보과학회 추계 학술발표회 논문집, 1987년 10월
- [9] P Ahmed and CY Suen, "Computer Recognition of Totally Unconstrained Handwritten ZIP Codes," Pattern Recognition and Artificial Intelligence, Vol 1, No 1, pp 1-15, 1987
- [10] 한국과학기술원 전산학과 인공지능 연구실 메모, "Transputer를 이용한 실시간 영상 처리," 1988년 3월
- [11] S Mori, K Yamamoto and M Yasuda, "Research on Machine Recognition of Handprinted Characters," IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol PAMI-6, No 4, pp 386-405, 1984