

무제약 필기체 한글 분할을 위한 가상 네트워크 탐색 시스템의 설계 및 구현

박성호[†], 조범준^{**}

요 약

본 논문에서는 무제약 필기체 한글 분할을 위하여 기존 방법들에서 제시된 적이 없는 문자간 여백에서 가상 네트워크 탐색 시스템을 이용하는 새로운 방법을 설계하고 구현하였다. 제안된 방법은 다양한 필기자들이 제한 없이 쓰여진 모든 문자들에 대하여 적용이 가능하도록 설계되었고, 또한 문자간 여백에서 생성되는 가상 네트워크의 경로를 이용함으로써 꺾은선 형태의 다양한 분할경로를 얻을 수 있도록 설계되었다. 또한 탐색 시스템을 구현하는 과정에서 분할대상 블록의 길이에 따른 탐색 윈도우를 달리 적용함으로써 원하지 않는 영역에서 분할경로가 생성되는 것을 방지하였다. 본 논문에서 제안하는 가상 네트워크 탐색 시스템에 대해 임의의 필기자들로부터 자체적으로 수집한 800여개의 데이터를 대상으로 실험을 수행한 결과, 중첩되거나 접촉된 문자들을 포함하여 전체적으로 91.4% 정도의 분할 정확도를 얻을 수 있었다.

Design and Implementation of Virtual Network Search System for Segmentation of Unconstrained Handwritten Hangul

Sung-Ho Park[†], Beom-Joon Cho^{**}

ABSTRACT

For segmentation of constrained and handwritten Hangul, a new method, which has been not introduced, was proposed and implemented to use virtual network search system in the space between characters. The proposed system was designed to be used in all cases in unconstrained handwritten Hangul by various writers and to make a number of curved segmentation path using a virtual network to the space between characters. The proposed system prevented process from generating a path in a wrong position by changing search window upon target block within a search process. From the experimental results, the proposed virtual network search system showed segmentation accuracy of 91.4% from 800 word set including touched and overlapped characters collected from various writers.

Key words: Segmentation(분할), Virtual Network(가상 네트워크), Search Window(탐색 윈도우)

1. 서 론

1.1 연구배경

현재 우리는 주변에 존재하는 많은 자료를 컴퓨터

에 정보화하여 기록함으로써 과거에 비해 시간적 경제적 비용 절감을 하고자 한다. 그 중에 한가지로 문서인식기술을 들 수 있으며, 우수한 문서인식을 수행하기 위해서는 먼저 처리 대상이 되는 문서의 문자열 영상에 대한 정확한 분할이 선행되어야 한다. 그러나 대부분의 한글 인식기는 미리 완벽한 분할을 가정하고 개발되고 있으며, 인식률에 영향을 미치는 한글 분할 그 자체에 대한 관심은 매우 낮은 편이다. 본 논문에서는 무제약 필기체 한글을 분할하기 위한 방법을 제안한다.

※ 교신저자(Corresponding Author) : 박성호, 주소 : 전남 담양군 담양읍 향교리 262(517-802), 전화 : 061)380-8642, FAX : 061)380-8659, E-mail : shpark@namdo.ac.kr
접수일 : 2005년 3월 21일, 완료일 : 2005년 4월 20일

[†] 중신회원, 도립남도대학 컴퓨터정보통신과 부교수
^{**} 중신회원, 조선대학교 전자정보공과대학 컴퓨터공학부 교수
(E-mail : bjcho@chosun.ac.kr)

본 논문에서는 무제약 필기체 한글의 신뢰성 높은 인식과정에서 필수적으로 선행되어야 하는 문자분할을 위하여, 기존의 분할방법에서 제안된 적이 없는 문자간 여백공간에서 가상 네트워크를 구성하여 꺾은선 형태의 다양한 분할경로를 찾을 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

제안된 방법의 특징은 첫째, 많은 분할방법들이 사용하는 직선화된 분할경로 보다는 자음과 모음의 조합에 의해 구성되는 한글의 구조적 특성을 고려하여 문자간 여백 공간을 활용하는 꺾은선 형태의 분할경로를 제시함으로써 필기자의 특성에 따른 전처리 과정의 제약을 작게 하였다.

둘째, 분할과정을 크게 2단계로 구분하여 전체 분할대상 문자열 중에서 중첩되거나 접촉되어 보다 세밀한 분할이 요구되는 문자열만을 따로 분할대상 블록으로 선택하였고, 선택된 블록에 대해서도 적은 수의 특징점만을 고려하면서도 다양한 가상의 분할경로를 탐색할 수 있도록 가상경로를 네트워크 개념으로 접근하여 탐색해 나가는 새로운 방법을 찾고자 하였다.

셋째, 네트워크에서 원하는 영역에서 효율적인 분할경로가 탐색되도록 하기 위하여 분할대상 블록의 크기에 따른 세 가지의 탐색 윈도우를 설정하였고, 탐색된 가능 분할경로들 중에서 노드의 최대이익 개념을 적용하여 최상 분할경로도 제시하였다.

2장에서는 제안된 분할 방법의 전체적인 절차를 소개하고, 전처리 과정과 수직투영 방법을 통하여 전체 문자열에서 보다 더 세밀한 분할이 요구되는 분할대상 블록을 선택하는 과정을 설명한다. 3장에서는 먼저, 분할대상 블록에서 문자간 여백에 대해 다양한 가상의 분할경로를 생성하기 위하여 특징점과 무게 중심점을 서로 연결하는 가상 네트워크 생성과정을 설명한다. 그리고 가상 네트워크를 탐색하기 위하여 사용되는 탐색 윈도우와 그것을 이용하여 다양한 분할경로 및 최상경로를 찾는 탐색 방법을 설명한다. 마지막으로 자체 수집된 데이터에 대하여 제시된 분할방법에 대한 실험을 4장에서 설명하고, 결론 및 추후 연구는 5장에서 설명한다.

1.2 관련연구

일반적으로 무제약 필기체 한글인식의 경우는 분할 문제를 최소화하기 위하여 문자 영상의 수집과정

에서 인위적인 분할을 위한 장치를 마련하거나, 영어로 대표되는 유럽언어권 문자와 한글의 구조적 차이점이 명확함에도 불구하고 지금까지 연구된 한글 분할방법은 한글의 특징을 충분히 반영하지 못한 채 영문자에 대한 분할 기술을 그대로 적용하는 경우가 많았다. 이는 결과적으로 분할된 인식 단위의 모호성을 가중시켜 시스템의 전체적인 성능을 저하시키는 주요 원인이 되었다.

문자열에서 단어를 분할하는 방법은 크게 두 가지로 구분될 수 있는데, 하나는 단어 분할 과정에서는 높은 분할 신뢰도를 갖는 단 하나의 분할 결과를 생성하는 방법이고 또 하나는 여러 분할 후보를 인식 과정으로 넘겨줌으로써 인식과 함께 단어 분할 결과를 정하도록 하는 방법이 있다. 전자는 외적분할(external segmentation) 방법이라고 하며 인식기와 상관없이 문자들을 분할하는 방법으로 처리속도를 향상시키지만 접촉된 문자들에 대하여 정확한 분할점을 찾는 것이 어려우며 잘못된 단어 분할 결과를 수정할 수 없다는 단점이 있다. 후자는 내적분할(internal segmentation) 방법으로 여러 단어 분할 결과를 수용하므로 단어 인식률은 좋지만 넘겨온 분할 결과만큼 여러 번의 인식을 수행해야 함으로 처리속도에 대한 부담이 크다.

기존의 많은 분할 방법들은 주로 영문 문자열[6,7]이나 디지털 숫자열을 대상으로 치중되어 제안되었으며[4,9], 필기체 한글을 대상으로 하는 연구[1-3]는 아직까지 미미한 실정이다.

몇 가지 연구를 보면 먼저 Yanikoglu[5]은 단어에서 가능한 문자 분할을 위하여 비용함수를 이용하는 알고리즘을 제시하였다. 주어진 위치와 각도에서 분할 비용은 평균 문자폭과 펜 두께 등과 같은 필기 스타일 변수의 전역적인 특성들과 앞의 분할 위치와의 거리 등과 같은 지역적인 특성들에 의존하였다.

Zhao[8]은 무제약 중국문자를 분할하기 위하여 2단계로 이루어진 알고리즘을 제시하였다. 먼저, Coarse 단계에서는 적절한 이미지 선처리 후에 background skeleton과 수직투영에 의해 적합한 분할 경로를 가능한 많이 생성한 뒤, Fine 단계에서 fuzzy 결정 규칙에 의해 모든 가능한 경로를 평가하여 분할 경로를 결정하였다.

Elnagar[4]는 연결된 필기체 숫자열에 대해 적절한 template를 사용하여 공간적인 특성을 이용한 방법을 사용하는 분할과정을 제시하였고, Pal[9]은 접

축된 숫자열에서 water reservoir 개념으로부터 얻어진 특징에 근거하여 최상의 분할 경로를 결정하는 방법을 제시하였다.

한글을 대상으로 하는 연구에서는 김경환[1]이 전처리와 인식단위 분할에 응용할 수 있는, 한글의 구조적 특성을 반영한 기울기 보정 알고리즘을 제안하고 필기자들의 일반적인 필기 습관과 한글이 갖는 2차원 구조의 특성을 반영하면서 문자의 접촉점을 찾아내기 위한 기초 함수들과 접촉점들의 분할방법을 제시하였다.

정선화[2]는 필기 영문 문자열의 단어 분할을 위해 제안된 기존의 세 가지 거리 척도를 채택하고 군집화에 기반을 둔 세 가지 분류방법을 적용하여 한글 문자열의 단어 분리를 위한 최적의 조합을 선정하였다.

황순자[3]는 자소 클래스의 인식에 기반을 둔 문자 분할 알고리즘을 제안 하였는데, 수직 투영에서 검출한 획으로부터 한글의 구조적 특성을 이용하여 자소 클래스 영역을 검출하였으며 한글의 자소 구성 법칙과 경험적 지식을 기반으로 하였다.

2. 제안된 분할 알고리즘

2.1 전체 분할절차

본 논문에서 제안하는 분할 알고리즘의 전체 과정은 그림 1에 나타나었고, 그림 1에서 볼 수 있듯이 분할대상 블록을 선택하는 과정을 시점으로 크게 2 단계로 나뉘어 진다. 첫 번째 개략 분할단계는 전체 문자열에서 수직투영(vertical projection)에 의한 직선 분할경로로도 쉽게 문자가 분할될 수 있는 문자들을 구분해내는 과정으로서 보다 세밀한 분할이 요구되는 문자열만을 따로 분할대상 블록으로 선택하는 과정이다.

본 논문에서는 40명의 서로 다른 필기자로부터 2~5개의 문자 길이로 구성된 무제약 필기체 한글 문자열을 수집 하였으며, 입력 이미지를 먼저 이진화 처리하여 그레이 모드로 변환한 뒤 세선화 과정을 수행하였다. 이진화 처리된 그레이 모드에 대하여 수직투영을 통하여 문자간의 중첩 및 접촉되지 않고 별개로 쉽게 구분 가능한 문자들을 찾아내었다. 즉 수직투영의 결과만으로 분할이 이루어지는 문자들은 첫 번째 단계에서 결정하고 나머지 문자열에 대해서만 다음 단계에서 고려하였다. 또한 한글이 자음과

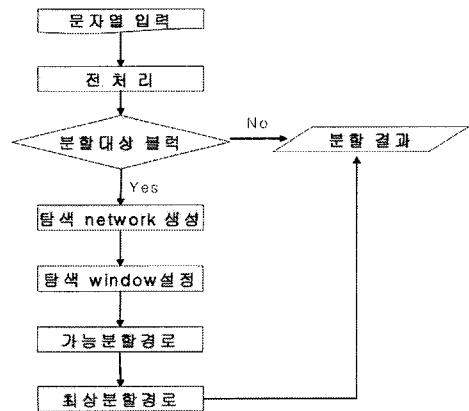


그림 1. 전체 분할과정

모음으로 구성되는 특성에서 하나의 문자이지만 수직투영에서 분리된 것처럼 판단되는 것을 방지하고자, 수집된 자료를 분석하여 평균 문자폭(40 pixel) 이하인 수직투영 결과는 하나의 문자를 구성하는 것으로 판단하여 바로 이전 블록과 결합해 줌으로서 하나의 문자가 구성되게 하였다.

두 번째 세부 분할단계는 직선화된 분할경로로는 구분이 힘든 문자열에 대하여 꺾은선 형태의 다양한 분할경로를 찾기 위하여 문자간 여백공간에 대해 가상 네트워크를 생성하여 탐색하는 과정이다. 수직투영을 통하여 분할대상 블록이 결정되면 가상의 분할 경로를 생성하기 위하여 먼저 분할대상 블록의 각 문자에서 끝부분과 접촉된 부분을 특징점으로 고려하는데, 이는 네트워크에 비유할 때 각각의 노드에 해당된다고 볼 수 있다. 그리고 정해진 특징점들에 대하여 서로간의 경로를 생성하기 위하여 본 논문에서는 특징점을 삼각형 요소로 분할할 경우에 가장 질이 좋은 세변의 길이가 비슷한 요소로 분할되는 방법인 딜라우닝 방법을 사용하였다. 또한 보다 더 세밀한 분할경로를 생성하기 위하여 특징점이 연결된 삼각형에 대하여 각각의 무게 중심점을 고려하였고 이것을 삼각형의 세 특징점과 서로 연결하여 가상의 네트워크를 구성하였다. 마지막으로 가상 네트워크에 대하여 문자열의 길이에 따른 탐색 윈도우를 설정하여 다양한 분할경로를 탐색하였고, 문자열을 가장 최상으로 분할할 수 있는 경로를 결정하였다.

2.2 개략적 분할 단계

입력 이미지에 대하여 첫 번째 단계의 분할대상

블록을 선택하는 과정을 살펴보면 다음과 같다. 그림 2(a)는 한명의 필기자에 의해 총 5개의 문자로 쓰여진 원본 이미 '서울특별시'의 예를 보여주고 있다. 그림 2(b)와 같이 이진화 처리를 수행하여 그레이 모드로 변환된 이미지를 보면 전체 문자열 중에서 '별'과 '시'는 서로 분리되어 있어 수직투영 만으로도 쉽게 분할 될 수 있음을 예상할 수 있고 이것은 그림 3에서도 확인된다. 여기서 고려돼야 할 점이 평균 문자폭인데, 예를 들어 '시'에서 'ㅅ'과 'ㅣ'이 떨어진 별개의 문자인 것처럼 수직투영 결과가 나타나더라도 이를 별개의 문자가 아닌 하나의 문자를 이루는 것으로 판단해 주어야 하는 과정으로서 본 논문에서는 수집된 데이터들의 평균 문자폭(40 pixel)을 임계치로 하여 연결된 문자로 판단한다. 또한 한글의 구조적 특성상 'ㅣ'은 문자의 시작이 아닌 끝부분에 위치하므로 바로 이전의 문자 블록과 결합하여 온전한 하나의 문자가 되도록 판단한다. 그래서 그림 3의 수직투영에서 문자간의 빈 공간을 나타내는 수직선이 첫 번째 단계에서의 직선 분할경로가 된다.

그러나 수집된 자료를 분석한 결과 필기자에 따라 문자의 크기, 높이, 폭 등이 다를 뿐만 아니라 동일한

필기자에서도 문자폭이 서로 다르게 나타남을 알 수 있다. 그러므로 문자 폭에 크게 의존하는 수직투영 방법을 문자 폭의 변화가 큰 무제약 필기체에 직접 적용하기는 어렵고, 필기체 문자열에서 문자들이 흔히 중첩되거나 접촉되기 때문에 직선화된 분할경로로는 이들 문자들을 정확하게 분할 할 수가 없다.

결국 전체 문자열에서 중첩되거나 접촉되어 수직투영을 통한 직선 분할경로가 생성될 수 없는 '서울특'에 대해서는 두 번째의 세분화된 분할과정에서 자세히 다루어질 필요가 있다. 이것이 분할대상 블록이 되며 그림 4에 표현되어 있다. 한편 이진화 된 이미지는 추후 분할과정에서 특징점을 고려하고 가상경로 생성을 위하여 그림 2(c)와 같이 세선화 과정을 수행하였다.



그림 4. 분할대상 블록

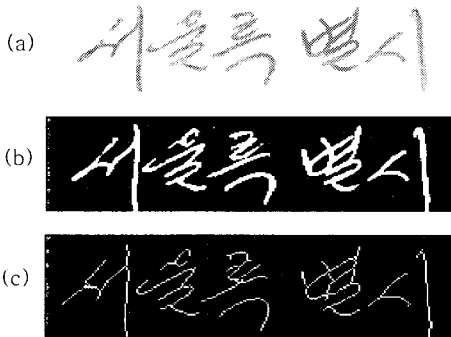


그림 2. (a)원본. (b)이진화. (c)세선화 이미지

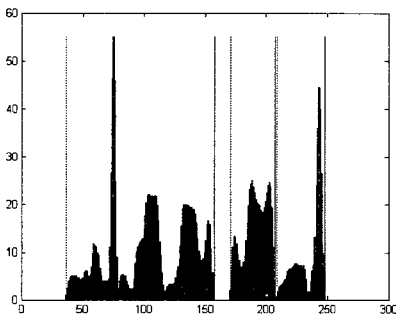


그림 3. 그림 2(b)에 수직투영 한 결과

3. 세부 분할단계

3.1 탐색 네트워크 생성

문자간 여백을 이용한 꺾은선 형태의 분할경로로는 위에서 아래로 문자 이미지를 손상 시키지 않게 비껴가면서 생성되어야 한다. 이를 위해서 본 논문에서는 탐색 네트워크 방법을 사용하는데 각 문자의 끝부분과 접촉이 이루어진 부분을 특징점으로 선택하고 이것을 노드로 간주한 뒤 각 노드를 서로 연결하여 가상의 경로가 생성되는 탐색 네트워크를 구성하도록 하였다.

고려된 특징점을 서로 연결하기 위하여 사용할 수 있는 몇 가지 방법들이 있지만 본 논문에서는 인접한 3개의 특징점들을 가장 효과적으로 그룹화할 수 있다고 알려진 델라우닝(Delaunay) 방법을 사용하였다. 이 방법에 의해 특징점들은 서로 연결되고 여러 개의 삼각형이 생성되는데, 즉 노드를 연결하는 링크가 만들어지고 이것이 가상경로가 생성된다. 또한 3개의 특징점으로 그룹화 된 삼각형 각각에 대하여 더 세밀한 가상경로를 생성하기 위한 방법으로 내부의 무게 중심점을 계산한 뒤 삼각형 내의 노드로 고려하였고, 이것을 기존 노드와 다시 연결하여 최종적

인 가상경로를 구성하였다.

그림 5에서 그림 4의 분할대상 블록에 대해 가상 경로를 구성한 결과를 볼 수 있다. 또한 여기에는 추 후 탐색과정이 시작되는 지점과 완료되는 지점이 임 의로 추가되는데, 간단히 분할 대상 블록의 x축에서 위와 아래에 각각의 중앙 픽셀 값을 시작점과 끝점으 로 정하고 이 역시 노드로 간주하여 가상경로를 생성 되었다.

그림 5는 일단 특징점과 무게중심점을 서로 연결 만 했기 때문에 문자 이미지를 교차하는 가상경로까 지도 함께 존재하고 있다. 이것을 그대로 분할경로를 탐색하는데 사용하면 불가능한 분할경로를 많이 포함하게 될 것이며, 계산적인 부담이 증가된다. 따 라서 문자 이미지를 교차하는 가상경로는 제외한 상 태에서 탐색이 진행되도록 하는 것이 효율적이다. 따 라서 그림 5에서 문자 이미지를 교차하는 가상경로 를 제외하고 이것을 문자 이미지와도 따로 분리한 그림 6이 탐색과정을 위한 탐색 네트워크가 된다.

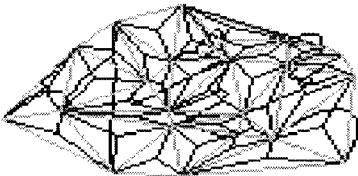


그림 5. 가상경로 구성

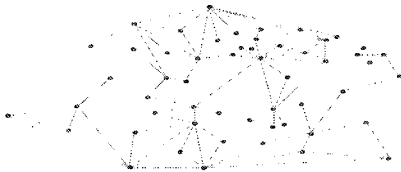


그림 6. 탐색 네트워크

3.2 탐색 윈도우 설정

탐색 네트워크는 문자 이미지의 왼쪽에서부터 오 른쪽까지 분할대상 블록 전체에 걸쳐 생성된 것이다. 그런데 우리가 최종적으로 얻고자 하는 것은 문자간 의 분할경로이므로 탐색 네트워크 전체를 모두 탐색 할 필요가 없이 문자간의 여백부분에 해당되는 공간 영역, 즉 원하는 부분에 대해서만 탐색이 이루어지도 록 하기 위해 본 논문에서는 탐색 윈도우를 고려하였 다. 제안되는 탐색 윈도우는 분할대상 블록 내에 존

재하는 문자의 개수에 따라서 다르게 적용되며, 문자 의 수를 판단하는 기준으로 앞에서 구해진 평균 문자 폭의 크기를 사용하였다.

다음은 탐색 윈도우를 설명하기 위하여 사용되는 몇 가지 기호를 정의 하였다.

- x_l = x 축의 가장 왼쪽 특징점 픽셀 값
- x_r = x 축의 가장 오른쪽 특징점 픽셀 값
- S_B (Segmentation block) = $x_r - x_l$ (단, $x_r > x_l$)
- x_m = S_B 의 중앙 픽셀 값
- S_w (Search window) = $L_{sw} + R_{sw}$
- y_s = y 축의 탐색 시작점
- y_f = y 축의 탐색 완료점

(1) $S_B < 100$

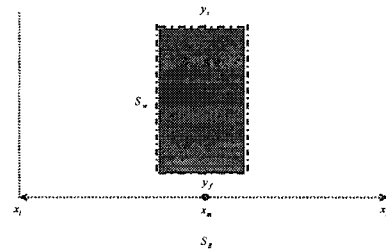


그림 7. $S_B < 100$ 인 경우

그림 7과 같이 분할대상 블록 내에 문자가 최소한 2개가 존재하는 경우로서, S_w 는 첫 번째와 두 번째 문 자 사이의 여백이 위치할 것으로 보이는 영역인 중앙 부분에 하나 필요하다. 여기서 탐색 윈도우가 설정되 는 범위는 실험데이터를 근거로 x_m 에서 좌우 약 $\pm 25\%$ 정도가 적절하다고 판단하였고, 위의 그림에서는 점선 으로 묶여진 영역에 해당되며 $S_w = L_{sw} + R_{sw}$ 가 된다. 여기서, $L_{sw} = x_m - \left(\frac{x_m - x_l}{4}\right)$ 과 $R_{sw} = x_m + \left(\frac{x_r - x_m}{4}\right)$ 이다.

(2) $100 \leq S_B < 150$

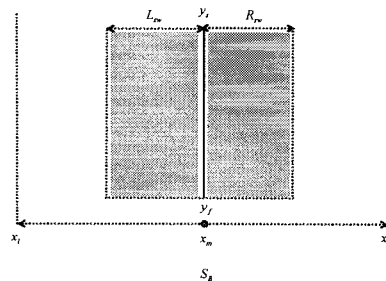


그림 8. $100 \leq S_B < 150$ 인 경우

그림 8과 같이 분할대상 블록의 크기로 판단할 때 문자가 3개가 존재한다고 보는 경우로서 S_w 는 x_m 을 기준으로 첫 번째와 두 번째 문자 사이의 여백에 해당되는 하나의 영역과 두 번째와 세 번째 문자 사이의 여백에 해당되는 또 다른 영역에 각각 필요하다.

탐색 윈도우가 설정되는 범위는 두 번째 문자가 위치되는 x_m 에서 좌우로 각각 약 $\pm 50\%$ 정도의 범위가 설정되는 것이 문자간의 여백을 분할하는데 적절하였고, 그림 8에서 구분된 왼쪽과 오른쪽 두 영역으로 표현되었다. 따라서 $L_{SW} = x_m - \left(\frac{x_m - x_l}{2}\right)$ 이고

$$R_{SW} = x_m + \left(\frac{x_r - x_m}{2}\right) \text{이다.}$$

(3) $150 \leq S_B < 200$

그림 9와 같이 분할대상 블록의 픽셀 값이 150에서 200 픽셀 값 사이인 경우로 최소한 4개의 문자가 존재하는 경우이다. 이 경우는 두 번째와 세 번째 문자간의 여백부분에 해당되는 x_m 을 기준으로 하는 경우, 첫 번째와 두 번째 문자간의 여백부분의 기준이 되는 왼쪽 부분의 중앙값 $\left(\frac{x_m - x_l}{2}\right)$, 그리고 세 번째와 네 번째 문자간의 여백부분에 해당되는 오른쪽 부분의 중앙값 $\left(\frac{x_r - x_m}{2}\right)$ 의 각각을 기준으로 3개의 다른 탐색윈도우가 설정되었다.

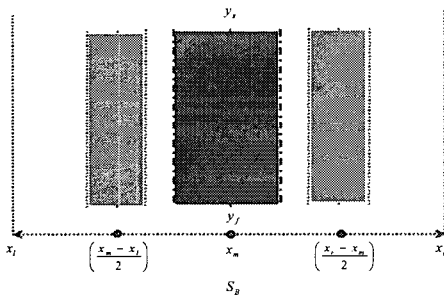


그림 9. $150 \leq S_B < 200$ 인 경우

1) x_m

먼저, 두 번째 문자와 세 번째 문자의 여백부분일 것으로 예상되는 탐색 윈도우의 범위는 (1)의 경우와 동일하게 좌우로 약 $\pm 25\%$ 정도의 영역이 적절하였고 이는 $S_w = L_{SW} + R_{SW}$ 가 된다.

$$2) \left(\frac{x_m - x_l}{2}\right)$$

첫 번째 문자와 두 번째 문자간의 여백 부분에 생성되는 탐색 윈도우는 1)에서 생성된 탐색 윈도우의 영역과 겹치지 않으면서 왼쪽 부분의 중앙 픽셀 값을 기준으로 좌우로 약 $\pm 25\%$ 정도가 적절하였다.

따라서 $S_w = L_{SW} + R_{SW}$ 가 되고, 여기서 $L_{SW} = \left(\frac{3x_m - x_l}{8}\right)$

이고 $R_{SW} = \left(\frac{5x_m - 3x_l}{8}\right)$ 이다.

$$3) \left(\frac{x_r - x_m}{2}\right)$$

2)의 경우와 유사하게 세 번째와 네 번째 문자간의 여백에서 생성되는 탐색윈도우도 $S_w = L_{SW} + R_{SW}$ 가 되고, 여기서 $L_{SW} = \left(\frac{3x_r - x_m}{8}\right)$ 이고 $R_{SW} = \left(\frac{5x_r - 3x_m}{8}\right)$ 이다.

그 외에 $S_B \geq 200$ 인 경우들은 위에서 제안된 세 가지 탐색윈도우를 서로 조합하여 사용함으로써 분할대상 블록의 크기에 적절한 탐색 윈도우의 적용이 가능하였다.

3.3 분할경로 탐색

탐색 윈도우가 설정되고 나면 그 부분에 대하여 가능한 분할경로를 탐색한다. 분할경로를 탐색하는데 있어서 먼저, 가능 분할경로의 가짓수는 y_s 를 출발점으로 하여 탐색 윈도우 영역 내에서 연결된 첫 번째 노드들의 수만큼 존재한다고 볼 수 있다.

분할경로를 탐색하는데 있어서 노드간의 이동은 y 축의 픽셀 값이 하향이면서 노드 간 최단거리 값을 갖는 다음 노드로 이동하는 방법을 사용하였다. 그리고 탐색하는 과정에 있어서 다음과 같은 조건에 해당되면, 노드 간 이동이 이루어지지 않고 이전 노드로 돌아가는 백트래킹이 발생되게 함으로서 원하지 않는 분할경로가 생성되는 것을 방지하고 탐색하는 과정에서의 계산적인 부담을 줄이고자 하였다.

- 1) 노드가 탐색 윈도우를 벗어난 경우
- 2) y_j 가 아니면서 마지막 노드에 해당되는 경우
- 3) y 축의 하향으로 이동할 노드가 없는 경우

그림 10은 앞에서 보았던 분할대상 블록인 '서울 특'에 대한 탐색 네트워크에서 탐색 윈도우가 설정된

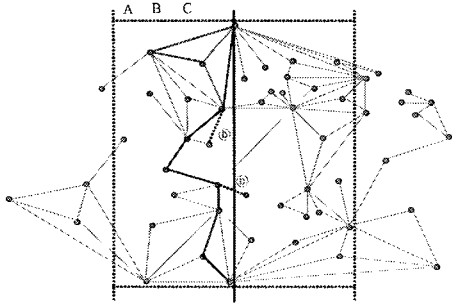


그림 10. L_{sw} 에 대한 가능 분할경로

상황과 ‘서’와 ‘울’ 사이의 왼쪽부분 탐색 윈도우 L_{sw} 에서 세 가지(A, B, C)의 가능 분할경로를 보여주고 있다. 마찬가지로 ‘울’과 ‘특’ 사이의 R_{sw} 에 대해서도 탐색을 하면 두 가지의 가능 분할경로가 찾아진다.

탐색된 가능 분할경로를 살펴보면 임의로 정한 y_s 와 y_f 를 연결하는 노드들이 상당부분 중복되고 있음을 알 수 있다. 이것을 각 노드들의 이익 최대화문제 관점에서 접근하면 중복이 많이 된 노드들을 우선적으로 선택할 수 있고, 가능 분할경로들 중에서 최상 분할경로라고 제시할 수 있다. 그림 10의 세 가지 가능 분할경로 중에서 이것을 만족시키는 분할경로는 C가 되고 이것이 최상 분할경로로 제시될 수 있다.

최종적으로 그림 11은 분할대상 블록이 최상 분할 경로에 의해서 분할된 최종 결과 이미지를 보여주고 있다.



그림 11. 최종 분할결과

4. 실험 및 결과

실험은 40명의 학생들로부터 제약 없이 쓰여진 800개의 데이터를 사용하였고, 각 데이터는 기호나 영문이 혼재되지 않았고 2~5개의 순수한 한글 문자들로만 구성되었다. 표 1은 실험에 사용된 전체 데이터의 문자수에 따른 분포상황을 보여주고 있다.

표 2의 실험결과는 전체적으로 91.4%의 분할 정확도를 보이고 있는데 여기서, 21.6%가 수직투영만으로 분할에 성공하였고, 탐색 네트워크를 이용한 경우가 69.8%였다. 이는 무제약 실험 데이터의 특성상 중복되거나 접촉된 문자들의 비율이 높기 때문에 수

표 1. 실험 데이터 구성

구성 문자수	2	3	4	5	전체
실험 dada	100	460	120	120	800

표 2. 문자 분할 정확도

성 공		실 패	
수직투영	탐색네트워크	수직투영	탐색네트워크
173개 (21.6%)	558개 (69.8%)	26개 (3.2%)	43개 (5.4%)
91.4%		8.6%	

직투영보다는 탐색 네트워크를 이용하여 분할이 이루어진 경우가 상대적으로 많았다.

반면 분할에 실패한 경우는 전체적으로 8.6% 였는데 수직투영에 의한 실패와 탐색 네트워크에 의한 실패가 서로 비슷한 수준을 보였다. 이는 실험 데이터의 필기자가 매우 특수한 필체를 갖고 있거나, 문자간의 폭들이 심하게 편차가 일어난 경우 그리고 하나의 문자에서도 자음과 모음의 간격이 지나치게 불균형을 이루는 경우가 대부분이었다.

그림 12는 수직투영 과정에서 분할이 실패한 한 가지 예를 보여주고 있는데, 문자 ‘제’에서 자음 ‘ㅈ’과 모음 ‘에’의 필기형태가 ‘제’와 ‘!’간의 간격이 지나치게 넓은 반면 ‘!’와 ‘주’간의 간격은 반대로 좁게 쓰여진 결과이다.

그림 13은 탐색 네트워크를 사용하여 분할이 성공적으로 이루어진 몇 가지 경우를 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 직선화된 분할경로와 더불어서 꺾은선 형태의 분할경로에 의해 문자간의 분할이 이루어져 있음을 알 수 있다.



그림 12. 수직투영 실패 예

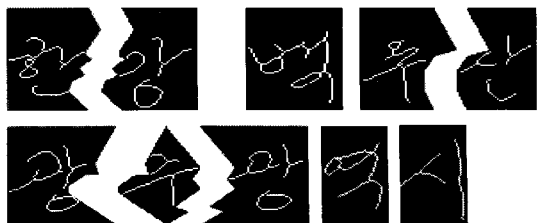


그림 13. 실험 결과

5. 결 론

본 논문에서는 무제약 필기체 한글을 분할하기 위하여 문자간 여백에서 가상 네트워크를 이용하는 새로운 개념의 분할방법을 제안한다. 제안된 방법의 특징은 기존의 분할방법들이 사용하는 직선화된 분할 경로 보다는 자음과 모음의 조합으로 구성되는 한글 구조적 특성에 의한 여백 공간을 활용하는 꺾은선 형태의 분할경로를 제안 하였다.

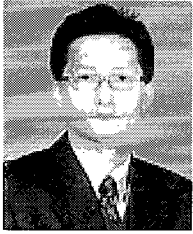
이를 위하여 문자간 여백에 가상 경로를 생성하기 위하여 탐색 네트워크를 구성하였고, 분할대상 블록의 길이에 따른 탐색 윈도우를 적용하여 실제로 분할 경로가 문자간 여백에서 이루어지도록 하였다. 탐색 과정을 통해서 가능한 여러 개의 분할경로를 얻을 수 있었고, 이 중에서 각 노드의 이익 최대화 관점으로 최상의 분할경로도 더불어 얻을 수 있었다.

자체 수집된 데이터에 대해 실험을 수행한 결과 전체적으로 91.4%의 분할 정확도를 얻었는데, 특히 제안된 탐색 네트워크를 이용하여 얻어진 분할 정확도의 비율이 높게 나타났다.

향후 보완 해야 할 부분으로는 먼저, 가상 경로가 생성되는 초기 단계에서 고려되는 특징점의 선택과 정이다. 좋은 탐색 네트워크의 구성이 올바른 분할경로를 탐색할 수 있는 가능성을 높이기 때문에 이 과정에서 문자의 구조적 특성이 반영되도록 해야 될 것 같다. 그리고 문자분할을 더 확장하여 한글의 모음과 자음까지도 분할할 수 있는 연구로 확장되면 좋겠고, 본 논문에서 제안한 방법이 영문 및 숫자를 대상으로 했을 때 적용 가능하도록 하는 연구가 뒤따른다면 더 활용도를 높일 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 김경환, 윤정석, "Run-Length Code를 이용한 제약없이 쓰여진 한글 필기체 주소열 분할," 한국정보과학회 논문지, 제28권 제11호, pp.813-821, 2001.
- [2] 정선화, 김수형, "GAP 군집화에 기반한 필기 한글 단어 분리," 한국정보과학회 논문지, 제27권 제6호, pp.660-667, 2000.
- [3] 황순자, 김문현, "자소 클래스 인식에 의한 off-line 필기체 한글 문자 분할," 한국정보처리학회 논문지, 제3권 제4호, pp.1002-1013, 1996.
- [4] A. Elnagar, and R. Alhaji, "Segmentation of connected handwritten numeral strings," *Pattern Recognition*, Vol. 36, pp.625-634, 2003.
- [5] B. Yanikoglu, and P. A. Sandon, "Segmentation of off-line cursive handwriting using linear programming," *Pattern Recognition*, Vol. 31, pp. 1825-1833, 1998.
- [6] G. Kim, "Architecture for handwritten text recognition systems," *Proc. Sixth International Workshop on Frontiers in Handwritten Recognition*, pp.113-122, Taehon, Korea, August 1998.
- [7] G. Dzuba, A. Filatov, and A. Volgunin, "Handwritten ZIP code recognition," *Proc. Fourth International Conference on Document Analysis and Recognition*, pp.766-770, Ulm-Germany, August 1997.
- [8] S. Zhao, Z. Chi, P. Shi, and H. Yan, "Two-stage segmentation of unconstrained handwritten Chinese characters," *Pattern Recognition*, Vol. 36, pp.145-156, 2001.
- [9] U. Pal, A. Belaid, and Ch. Choisy, "Touching numeral segmentation using water reservoir concept," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 24, pp.261-272, 2003.
- [1] 김경환, 윤정석, "Run-Length Code를 이용한

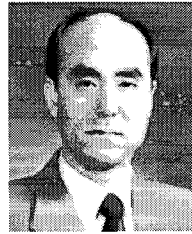


박 성 호

- 1991년 조선대학교 산업공학과 (공학사)
- 1994년 전남대학교 대학원 산업공학과(공학석사)
- 1996년 전남대학교 대학원 산업공학과 박사과정 수료
- 2002년~현재 조선대학교 대학원

컴퓨터공학과 박사과정 수료

1998년~현재 도립남도대학 컴퓨터정보통신과 부교수
관심분야: 인공지능, 패턴인식, 네트워크



조 범 준

- 1980년 조선대학교 전기공학과 (공학사)
- 1988년 한양대학교 전기공학과 (공학박사)
- 2004년 한국과학기술원 전자전산학과 전산학전공(공학박사)

1980년~현재 조선대학교 전자정보공과대학 컴퓨터공학부교수

2002년~현재 한국멀티미디어학회 부회장

2000년~2002년 조선대학교 전자정보공과대학 학장

1999년~2001년 조선대학교 컴퓨터공학부 학부장

1993년~1997년 조선대학교 전자계산소장

1997년~1999년 해외연구교수(한국학술진흥재단지원),
Center for Automation Research, University of Maryland

1990년~1991년 해외 Post-Doc.(한국과학재단지원),
Dept. of Computer and Information Science, University of Massachusetts

1989년~1990년 해외 Post-Doc.(한국과학재단지원),
Dept. of Computer Science and Engineering, University of Connecticut

관심분야: 인공지능, 패턴인식, 뉴로컴퓨터