

# 한글 문자열 영상의 지형적 특징을 이용한 비선형 문자분할 및 인식

이동준, 이성환  
충북대학교 컴퓨터학과

## Nonlinear Character Segmentation and Recognition Using Topographic Features in Hangeul String Images

Dong-June Lee<sup>o</sup> and Seong-Whan Lee

Department of Computer Science, Chungbuk National University

### 요약

문서 인식 시스템의 성능을 저하시키는 가장 큰 원인 중의 하나로 문자 분할 오류를 들 수 있는데 보다 우수한 성능의 문서 인식 시스템 개발을 위해서는 정확한 문자 분할 방법이 절실히 요구된다. 기존의 문자 분할에 관한 연구들은 이진 영상을 대상으로 함으로써 접촉되거나 겹치는 문자의 경계 부분에서 문자 분할에 유용한 정보들을 잃어 문자 분할 오류를 초래할 수 있다. 하지만 명도 영상을 분석해보면 문자의 접촉 부분에서 주로 나타나는 지형적 특징이 있으며, 문자 경계에서 명도값이 변하는 것을 관찰할 수 있는데 이와같은 명도 영상의 정보를 사용하면 보다 효과적으로 문자를 분할할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 이러한 점에 착안하여 명도 영상으로부터 지형적 특징을 추출하고 다단계 그래프 탐색 방법을 이용하여 명도값을 추적함으로써 비선형 문자 경계를 찾는 새로운 문자 분할 방법을 제안한다. 제안된 방법은 명도 문자열 영상을 입력으로 받아 명도 영상의 투영값과 명도 영상으로부터 추출된 지형적 특징을 이용하여 문자 분할 영역을 결정하고 문자 분할 영역내에서 다단계 그래프 탐색에 의한 비선형 문자 분할 경로를 찾는다. 그리고 문자 인식기와 결합하여 최종 문자 분할 위치를 확정하는 인식 결과를 이용한 문자 분할을 수행함으로써 문자 분할 위치 및 문자 인식 결과를 확정한다. 다양한 문서에 대한 실험 결과 제안된 방법이 이진 정보만을 사용하는 방법보다 접촉 혹은 겹친 문자 분할에 매우 효과적임을 알 수 있었다.

### 1. 서론

대부분의 인쇄체 문서 인식 시스템들은 상당한 수준의 날자 단위 인식률을 가지고 있음에도 불구하고 일반 문서를 입력할 경우 날자 단위 인식률보다 훨씬 낮은 성능을 보이고 있다. 문서 인식 시스템의 성능을 저하시키는 가장 큰 원인 중의 하나는 문자가 잘못 분할되어 문자 인식기로 보내지는 문자 분할 오류이다. 따라서 우수한 성능의 문서 인식 시스템을 개발하기 위해서는 보다 정확한 문자 분할 방법에 관한 연구가 필요하다.

일반적으로, 문자열 영상으로부터 문자를 분할할 경우 문자간의 접촉, 겹침, 하나의 문자가 둘 이상의 요소로 분리됨, 문자가 끊어짐 등으로 인하여 문자 분할이 어렵다. 더욱이, 한글 및 영숫자가 혼용된 문서의 경우, 한글과 영숫자의 문자 크기가 일정하지 않고 한글과 영숫자의 접촉 유형이 다르기 때문에 문자 분할이 더 어려워진다.

문자 분할 문제를 해결하기 위한 기법으로는 인쇄체 영숫자의 경우 자주 발생하는 접촉 유형들을 규정하고 분할 위치를 찾는 방법, 인식 결과를 이용하여 분할 위치를 결정하는 방법 그리고 분할 위치 인식 방법 등이 제안되었다. 한글의 경우에는 문자 폭 대 높이의 비와 수직 투영값 등을 이용하여 문자를 분할하는 방법이 제안되었으며, 한글을 구성하는 모음이나 자음을 인식함으로써 문자의 경계를 찾는 방법이 제안되기도 했다.

이러한 문자 분할에 관한 기존의 연구에서는 입력 문자열 영상을 이진화하여 이진 영상으로부터 문자를 분할하였다. 그

(a) 명도 영상

(b) 이진 영상

그림 1. 이진화로 인한 정보의 손실

림 1에서 볼 수 있는 것처럼 문자열 영상을 이진화할 경우 많은 정보의 손실을 가져올 수 있고 문자들이 근접해 있는 경우 이진화로 인해 없어버리는 문제가 발생하여 정확한 문자의 경계를 찾기가 어렵다. 또한 문자들이 겹치는 경우 문자의 경계는 비선형으로 정의되어야 하는데 이진 정보만을 사용하여 비선형으로 문자를 분할하기 위해서는 연결 요소 추출 및 레이블링 등 복잡한 과정을 통해야만 한다. 더욱이 문자들이 겹치면서 접촉되는 경우에는 접촉된 문자들이 하나의 연결 요소로 추출되므로 연결 요소 분석 방법을 통한 분할이 불가능하다.

본 논문에서는 명도 영상의 지형적 특징과 다단계 그래프 탐색을 이용한 새로운 비선형 문자 분할 방법을 제안한다. 명도 문자열 영상으로부터 문자를 분할할 경우 문자의 접촉 부분에 주로 나타나는 지형적 특징을 문자 분할에 이용할 수 있고,

명도값을 따라 문자 분할 경로를 비선형으로 정의할 수 있으므로 문자들이 겹치거나 접촉되는 부분을 효과적으로 분할할 수 있다.

제안된 방법은 문자 분할 영역 결정 단계, 다단계 그래프 탐색을 이용한 비선형 문자 분할 단계, 그리고 인식 결과를 이용한 문자 분할 위치 확정 단계로 구성된다. 분할 영역 결정 단계에서는 명도 영상의 투영값 및 지형적 특징을 이용하여 문자열 영상으로부터 사전 분할 위치를 선정한다. 선정된 사전 분할 위치를 중심으로 문자 분할 영역을 결정한다. 다단계 그래프 탐색을 이용한 비선형 문자 분할 단계에서는 추출된 분할 영역내의 각 화소를 다단계 그래프의 벡터로 표현하고 각 화소가 갖는 명도값을 벡터스 간의 거리로 표현하여 명도값의 합이 최소가 되는 비선형 문자 분할 경로를 찾는다. 인식 결과를 이용한 문자 분할 단계에서는 비선형 문자 분할 경로를 묶어 문자 인식을 수행하고 1 순위로 인식된 참조 모델과의 거리를 문자 분할 경로와 함께 그래프로 표현하고 그래프내에서의 최소 거리 경로를 탐색함으로써 문자 분할 경로와 인식 결과를 확정하게 된다.

제안된 방법의 성능을 검증하기 위해 다양한 문서에 대해 실험한 결과 우수한 성능을 보였으며 이진 정보만을 사용해 문자 분할을 하는 방법보다 접촉 혹은 겹친 문자의 분할에 있어서 효과적임을 알 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 문자 분할과 지형적 특징 추출에 관련된 기존의 연구를 간략히 살펴보고, III장에서는 문자 분할 영역 결정에 대해 기술한다. IV장에서는 문자 분할 문제에 대한 다단계 그래프 표현 및 문자 분할 경로 탐색 알고리즘에 대해 설명한다. V장에서는 문자 인식 결과를 이용해 문자 분할 위치 및 인식 결과를 확정하는 문자 인식 결과를 이용한 문자 분할에 대해 살펴본다. VI장에서는 실험 결과를 분석하고, 마지막으로 VII장에서 결론 및 앞으로의 연구 방향에 대해 논의한다.

## II. 관련 연구

### 2.1 문자분할에 관한 연구

지금까지 연구된 문자 분할 방법은 직접 분할 방법, 인식 결과를 이용한 분할 방법, 그리고 분할 위치 인식 방법 등으로 나눌 수 있다.

직접 분할 방법은 입력 영상의 투영값 및 문자 폭 정보 등을 이용하여 분할 위치를 찾아 문자를 분할하는 방법이다 [Kahan87, Lu93, 이승형89, 이승호89, 이종국90, 이현표89, 최봉희94]. 이 방법은 문자 분할 알고리즘은 단순하나 정확한 분할 위치를 찾는 것이 쉽지 않다는 단점이 있다.

인식 결과를 이용한 문자 분할 방법은 가능한 분할 후보 위치를 찾고 인식 결과에 따라 분할 위치를 확장하는 방법이다 [Ariyo92, Liang94, Tsuji92, 이동준94]. 이 방법은 가능한 분할 위치를 찾아 인식해 봄으로써 분할 오류 발생을 최소화시킬 수 있으나 인식기의 성능에 의존한다는 단점이 있다. 인식 결과를 이용한 방법으로 한글의 자음이나 모음을 인식함으로써 문자의 경계를 찾는 방법이 제안되기도 했다 [장명옥93, 함경수91].

분할 위치 인식 방법은 문자들의 접촉 위치를 하나의 패턴으로 간주하고 이러한 접촉된 문자들을 대상으로 신경망을 학습시킴으로써 임의의 접촉된 문자가 입력될 경우 접촉 위치를 결정하도록 하는 방법이다 [Bayer93]. 이 방법은 학습시켜야 할 접촉 패턴의 수가 방대하여 모든 접촉 패턴을 학습시키는 것이 어렵다는 단점이 있다.

### 2.2 지형적 특징 추출에 관한 연구

명도 영상으로 부터의 지형적 특징 추출에 관한 연구는 명도 영상의 위상적 정보를 보존하며 이진화로 인한 정보의 손실을 최소화하는 방안으로 연구되었다. Wang과 Pavlidis [Wang93]는 명도 문자 영상을 하나의 평면으로 간주하고 원래 영상의 형태 특징을 Haralick 등 [Haral83]에 의해 정의된 지형적 특징으로 대응시켜 지형적 특징을 할당하였다. 이 방법에서는 1차 미분과 2차 미분값을 구하고 Hessian 행렬의 고유값 및 고유 벡터를 구하여 기울기의 변화량을 계산하여 특징을 할당하는데 사용하였다.

이성환과 김영준 [Lee94]은 1차 미분과 2차 미분, 고유값과 고유 벡터의 계산과정을 거치지 않고 주곡률의 방향을 빠른 시간내에 찾는 효과적인 지형적 특징 추출 방법을 제안하였다. 이 방법에서는 인접 화소에 대한 기울기 계산을 통해 기울기의 변화율을 계산하며 수평-수직 방향, 사선-역사선 방향의 주곡률 방향을 결정하고 특징 할당시 고려되는 4개의 인접화소인 주직교 성분을 결정한 후 기울기의 0 교차 조건에 의해 특징을 할당하였다.

## III. 문자 분할 영역 결정

본 장에서는 문자 분할 영역을 결정하기 위해 먼저 명도 영상에서의 투영을 정의하고 문자 분할을 위한 지형적 특징들에 대해 살펴본다. 그리고 이들을 이용해 사전 분할 위치를 선정하고 선정된 사전 분할 위치를 중심으로 문자 분할 영역을 결정하는 방법에 대해 설명한다.

### 3.1 명도 영상에서의 투영 정의

이진 영상에서의 투영은 투영하는 방향으로 영상을 주사하며 검은 점의 수를 누적함으로써 구할 수 있다. 그러나 명도 영상은 각 화소의 값이 여러 단계의 값을 가질 수 있어 이진 영상에서와 같은 방법으로 투영값을 구할 수 없다.

입력 명도 영상에서  $G(x, y)$ 를 좌표  $(x, y)$ 에서의 명도값이라고 하면  $G(x, y)$ 는 다음과 같은 범위의 명도값을 갖는다.

$$0 \leq G(x, y) \leq L-1$$

여기서,  $L$ 은 명도값의 범위를 나타낸다.  $h_x(g)$ 와  $h_y(g)$ 를 각각 열  $x$ 와 행  $y$ 에서 명도값이  $g$ 인 점들의 히스토그램이라고 하면 명도 영상에서의 수직 투영  $P(x)$ 는 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$P(x) = \sum_{g=0}^{L-1} h_x(g) \cdot \alpha(g)$$

여기서,  $\alpha(g)$ 는 명도값이  $g$ 인 경우 투영에 반영되는 비율로  $0 \leq \alpha(g) \leq 1$ 의 값을 갖는다. 마찬가지로 명도 영상의 수평 투영은

$$P(y) = \sum_{g=0}^{L-1} h_y(g) \cdot \alpha(g)$$

로 정의할 수 있다.

### 3.2 문자 분할을 위한 지형적 특징 추출

그림 2(a)의 명도 영상을 각 화소의 명도값에 따라 3차원으로 나타내보면 그림 2(b)와 같은 지형적 형태를 갖는다. 이러한 지형적 형태를 분석하여 피크(Peak), 능선(Ridge), 사면(Hillside), 안장점(Saddle), 협곡(Ravine), 평지(Flat), 분지(Pit) 등과 같은 지형적 특징을 추출할 수 있다. 그림 2(c)에서 지형적 특징 추출의 예를 볼 수 있다.

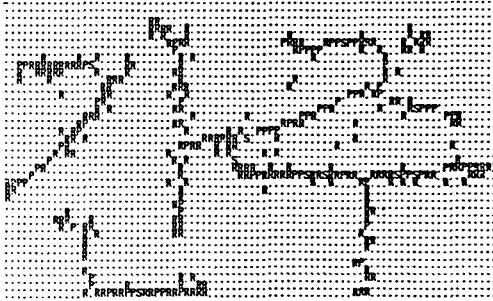
본 논문에서는 지형적 특징을 추출하기 위해 [Lee94]의 방법을 사용하였다. 이 방법에서는 인접 화소에 대한 기울기 계산 및 기울기의 변화를 계산해 주곡률의 방향과 주직교성

# 간주하고

(a) 명도 영상



(b) 명도 영상의 지형적 형태



(c) 추출된 지형적 특징의 일부

그림 2 명도 영상의 지형적 형태와 특징

분을 결정한다. 주직교 성분에 대해 0 교차 조건을 검사함으로써 특징을 할당한다. 본 논문에서는 피크, 능선, 그리고 안장점 특징을 추출하여 피크와 능선은 문자의 획으로 간주하였고 안장점은 문자의 접촉 부분의 특징으로 사용하였다. 주직교 성분의 방향을  $d_1, d_2$ 라 하면, 피크 특징은  $d_1, d_2$ 에 대해 모두 기울기가 증가하다 감소하는 경우에 해당한다. 능선 특징으로 할당되는 경우는 두 경우로  $d_1$  또는  $d_2$  방향으로 어느 한 방향으로만 0 교차하는 경우와  $d_1$  방향으로의 기울기가 모두 0이고  $d_2$  방향으로의 기울기가 증가하다가 0이 되거나 0이었다가 감소하는 경우에 해당한다. 안장점 특징은 문자의 접촉 부분에서 주로 나타나는 지형적 특징으로  $d_1$ 과  $d_2$  방향으로의 기울기가 모두 0 교차하면서  $d_1$  방향으로의 기울기가 증가하다 감소하고  $d_2$  방향으로 기울기가 감소하다 증가하는 경우이다. 이러한 안장점 특징 중 수직획에서 나타나는 안장점 특징은 능선 특징으로 할당함으로써 이후의 지형적 특징의 연결 요소 추출시 수직획이 분리되는 것을 방지한다.

### 3.3 문자분할 영역 결정

단어 영상으로부터 3.1절에서 정의된 투영에 의해 단어의 수직 투영값을 구하고 지형적 특징을 추출함으로써 사전 분할 위치를 선정하고 문자 분할 영역을 결정할 수 있다.

#### 3.3.1 사전 분할 위치 선정

사전 분할 위치는 투영값, 추출된 지형적 특징, 그리고 지형적 특징의 연결 요소로부터 다음과 같은 조건을 조사하여 선정된다.

첫째, 3.1절에서 정의한 수직 투영값  $P(x)$ 가 임계값 이하인 위치를 사전 분할 위치로 찾는다. 이것은 문자들이 접촉되거나 겹치지 않는 경우의 문자 분할 위치를 찾기 위한 조건이다. 둘째, 추출된 지형적 특징을 보면 안장점 특징으로만 구성된 열이 있는데 이 위치를 사전 분할 위치로 선정한다. 셋째, 접촉 부분에서 안장점 특징과 능선 특징이 함께 나타나는 경우가 있는데 이러한 부분을 위해 안장점과 능선 특징이 함께 나타나면서

투영값이 임계값 이하인 열을 사전 분할 위치로 선정한다. 넷째, 문자의 접촉이 심하여 안장점 특징이 추출되지 않고 능선 특징만이 나타나는 경우 능선 특징으로 구성된 열중 투영값이 임계값 이하인 부분을 또한 사전 분할 위치로 선정한다. 마지막으로 지형적 특징의 연결 요소들을 추출하여 사전 분할 위치를 선정하는데 이것은 문자가 겹쳐 투영값이 임계값보다 큰 경우 문자 분할 위치를 찾기 위한 조건이다. 지형적 특징으로부터 추출된 연결 요소들의 집합,  $C$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = \{c_i | i = 1, \dots, N\}$$

여기서,  $N$ 은 연결 요소의 수를 나타낸다.  $s(c_i)$ 와  $e(c_i)$ 를 각각  $c_i$ 의 왼쪽 끝점과 오른쪽 끝점이라하면 겹치는 문자의 사전 분할 위치는  $s(c_{i-1})$ 과  $e(c_i)$ 의 중점으로 선정된다.

위의 조건들에 따라 선정된 사전 분할 위치의 집합을  $X$ 라 하면  $X$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$X = \{x_i | i = 1, \dots, M\}$$

여기서,  $M$ 은 사전 분할의 수를 나타낸다.

#### 3.3.2 문자분할 영역 결정

선정된 사전 분할 위치는 정확한 문자 분할 위치의 근접한 열일 수 있으며 문자의 경계가 비선형일 경우 선형으로 정의된 사전 분할 위치는 정확한 문자의 경계를 나타내지 못한다. 문자의 경계에 대한 신뢰성을 높이기 위해 선정된 사전 분할 위치를 중심으로 좌우의 일정한 범위까지의 영역을 문자 분할 영역으로 결정한다. 그리고 다음 장에서 설명될 다단계 그래프 탐색에 의해 영역내에서 정확한 문자 분할 경로를 찾을 수 있다.

그림 3은 명도 문자열 영상으로부터 사전 분할 위치 선정 결과와 문자 분할 영역의 예를 보여준다.



(a) 사전 분할 위치



(b) 문자분할 영역

그림 3. 사전 분할 위치 및 분할 영역의 예

## IV. 다단계 그래프 탐색에 의한 비선형 문자분할

### 4.1 문자분할 문제의 정의

문자들이 접촉되거나 겹치는 경우 문자간의 경계는 비선형으로 정의될 수 있다. 접촉되는 부분의 명도값이 획의 일부분보다 명도값이 낮다고 가정하면, 문자들의 경계가 되는 비선형 경로상의 명도값의 합은 일반적으로 문자의 획을 통과하는 경로상의 명도값을 합한 것보다 작다. 이러한 특징을 이용하여 명도값의 합이 최소가 되는 경로를 문자의 경계로 정의할 수 있다. 최소 거리 경로를 찾는 기법 중에서 처리하고자 하는 일이 여러 단계로 나누어지며 각 단계들 끼리는 서로 배반인 경우 자주 사용되는 동적 프로그래밍 기법이 다단계 그래프이다. 명도값의 합이 최소가 되는 문자 분할 경로를 찾는 문제는 다단계 그래프로 표현된 문자 분할 영역 내에서 최소 거리 경로를 찾는 문제로 쉽게 변환될 수 있다.

명도 영상으로부터 얻어진 문자 분할 영역내의 각 화소들을 그래프의 버텍스로 생각하면 분할 영역내의 버텍스들은 행으로 나누어져 있는데 문자 분할 경로 선정시 영상의 행은 한

번만 선택되므로 각 행들을 서로 다른 단계로 간주 할 수 있다. 또한 영상의 각 화소는 명도값을 가지고 있는데 이 명도값을 다단계 그래프의 버텍스와 버텍스 간의 거리로 표현할 수 있다.

#### 4.2 다단계 그래프

다단계 그래프  $G(V, E)$ 는  $N$ 개의 버텍스들이  $k$ 개의 서로 배반인 집합으로 나누어지는 방향그래프이다. 다단계 그래프의 버텍스  $V$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V = \{V_i \mid i = 1, \dots, k\}$$

$$\text{모든 } i \neq j \text{에 대해 } V_i \cap V_j = \emptyset$$

$$V_i = \{V_{i,j} \mid j = 1, \dots, N_i\}$$

여기서,  $k$ 는 단계 수이고  $N_i$ 는 단계  $i$ 에 속한 버텍스의 수를 나타낸다.

이러한 다단계 그래프에서 관심을 두는 것은 시작 버텍스로부터 마지막 버텍스까지의 최소 거리 경로를 어떻게 찾는가 하는 문제이다. 즉 목적함수  $f(V_1, \dots, V_k)$ 를 정의하고 목적함수의 최소값과 목적함수를 최소화하는 경로를 찾는 문제이다. 목적함수  $f(V_1, \dots, V_k)$ 의 최소값을 찾는 문제는  $f_1(V_1, V_2) + f_2(V_2, V_3) + \dots + f_k(V_{k-1}, V_k)$ 를 최소화하는 값을 찾는 문제로 변환될 수 있으며 최소값과 최소거리 경로는 다음과 같은 순환식에 의해 구할 수 있다.

$$h_1(V_1) = 0$$

$$h_{i+1}(V_{i+1}) = \min_{V_i} \{f(V_i, V_{i+1}) + h_i(V_i)\}$$

$$m_{i+1}(V_{i+1}) = \arg \min_{V_i} \{f(V_i, V_{i+1}) + h_i(V_i)\}$$

여기서,  $i = 1, \dots, k-1$ ,  $V_i = \{v_{i,1}, \dots, v_{i,N_i}\}$ 이다. 각 단계에서  $h_{i+1}(V_{i+1})$ 은 누적 거리의 최소값을 나타내고  $m_{i+1}(V_{i+1})$ 은 누적 거리를 최소화하는 경로를 나타낸다. 이러한 반복 과정의 마지막에서  $f$ 의 최소값은  $h_k(V_k)$ 의 최소값이 되고 그때의  $m_i(V_i)$ 를 거꾸로 추적하여 최소 거리 경로를 찾을 수 있다.

#### 4.3 문자분할 경로 탐색

분할 영역은 그림 4와 같이 다단계 그래프로 표현할 수 있다. 그림 4에서  $\circ$ 는 명도 영상의 화소를 의미하고 각 화소를 잇는 연결선은 이전 단계에서 현재 단계로의 경로를 나타낸다. 그리고 명도 영상의  $(x, y)$ 좌표에서의 명도값  $g_x(x)$ 를 이전 단계에

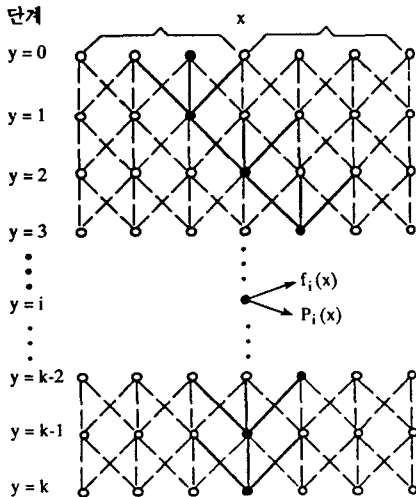


그림 4. 분할 영역의 그래프 표현

서  $(x, y)$ 까지의 거리로 볼 수 있다. 본 논문에서는  $(x, y)$ 로 갈 수 있는 이전 단계의 버텍스를  $(x-1, y-1), (x, y-1), (x+1, y-1)$ 의 세 경우로만 제한하였다. 이렇게 가능한 경로를 제한함으로써 탐색 경로의 수를 줄이는 효과를 얻을 수 있다.

$f_i(x)$ 는 누적 거리의 최소값을 나타내고,  $g_x(x)$ 는 화소  $(x, y)$ 에서의 명도값으로 이전 단계에서 현재 화소까지의 거리를 나타낸다고 하자. 그리고  $P_i(x)$ 를  $f_i(x)$ 가 최소가 되는 경로라고 하면 다단계 그래프에서 문자 분할 경로 탐색 알고리즘은 다음과 같다. 문자 분할 경로 탐색 결과 얻어진 비선형 문자 분할 경로의 예가 그림 5(a)에 있다.

#### 문자분할 경로 탐색 알고리즘

$w$ : 문자분할 영역의 폭

초기화:  $0 \leq x \leq w$ 에 대해

$$f_0(x) = g_0(x)$$

$$P_0(x) = x$$

순환식:  $1 \leq y \leq K$ 에 대해

$$f_y(x) = \min_{0 \leq x' \leq w} \{g_y(x) + f_{y-1}(x')\}$$

$$P_y(x) = \arg \min_{0 \leq x' \leq w} \{g_y(x) + f_{y-1}(x')\}$$

문자분할 경로 선택

$$f^* = \min_{0 \leq x \leq w} \{f_k(x)\}$$

$$P^* = \arg \min_{0 \leq x \leq w} \{f_k(x)\}$$

문자분할 경로 역추적:  $y = k-1, k-2, \dots, 0$ 에 대해

$$P^* = P_{y+1}(P^*)$$

#### V. 문자 인식 결과를 이용한 문자 분할

다단계 그래프 탐색에 의해 찾아진 문자 분할 경로들 중에는 실제로는 문자의 경계가 아닌 것들이 포함될 수 있다. 이러한 것들은 문자 폭을 이용한다든지 인식 결과를 이용하여 제거되어야 하는데 본 논문에서는 인식 결과를 이용한 방법을 사용하였다. 한글 및 영숫자가 혼용되거나 문자의 폭이 다양한 경우 문자 폭을 정확히 예측하기 어렵기 때문에 일반적인 문서에서의 문자 분할을 하기 위해서는 문자 인식 결과를 이용한 문자 분할 방법이 유용하다.

#### 5.1 문자분할 경로와 인식 결과의 그래프 표현

문자 분할 경로의 집합을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$n = \{n_i \mid i = 1, \dots, M\}$$

여기서,  $n_i$ 는 다단계 그래프 탐색에서 결정된  $i$ 번째 문자 분할 경로이고  $M$ 은 다단계 그래프 탐색에서 결정된 문자 분할 경로의 수를 나타낸다.

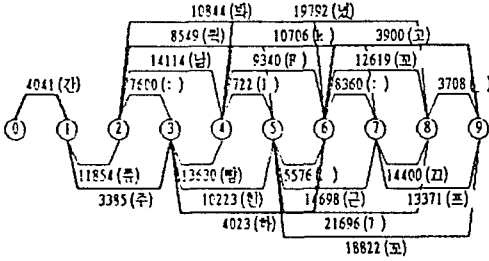
문자 분할 경로간의 폭이 임계값 이하인 분할 경로까지 하나의 문자로 간주하여 분할 및 인식을 반복적으로 수행한다. 인식 결과를 그림 5(b)와 같이 노드간의 거리로 표현하고 그래프에서 최소 거리를 갖는 경로를 탐색한다. 그림 5(b)에서 그래프의 에지상에 표시된 숫자는 인식 결과 얻어진 거리이고, 괄호 속의 문자는 1 순위로 인식된 문자를 나타낸다.

#### 5.2 문자분할 경로 확정

5.1절에서 표현된 그래프에서 가능한 경로들의 집합을  $P$ 로 나타내면 다음과 같다.

# 간주하고

(a) 비선형 문자 분할 경로의 예



(b) 그래프 표현

# 간주하고

(c) 최종 문자 분할 결과

그림 5. 인식 결과를 이용한 문자 분할

$$P = \{p_k | k = 1, \dots, L\}$$

여기서,  $p_k$ 는 가능한 경로를 나타내며,  $L$ 은 그래프상에서 가능한 경로의 수이다.

노드  $i$ 에서 노드  $j$ 까지의 거리를  $d_{ij}$ 로 나타내고,  $E(p_k)$ 를 경로  $p_k$ 상의 예지들의 집합이라 하자. 임의의 경로  $p_k$ 상의 노드들 간의 거리의 총합,  $D(p_k)$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$D(p_k) = \sum_{\langle i, j \rangle \in E(p_k)} d_{ij}$$

이와같은 방법으로 구해진 거리의 총합이 최소가 되는 경로  $p_s$ 를 찾음으로써 분할 위치 및 인식 결과를 얻을 수 있다.

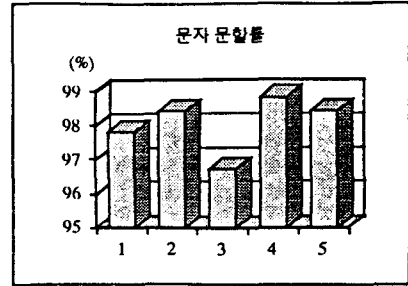
$$p_s = \underset{p_k}{\operatorname{argmin}} D(p_k)$$

그림 5(b)에서 굵은 선으로 표시된 것이 최소 거리 경로를 나타내고, 그림 5(c)는 최종 문자 분할 결과를 보여준다.

## VI. 실험 및 결과 분석

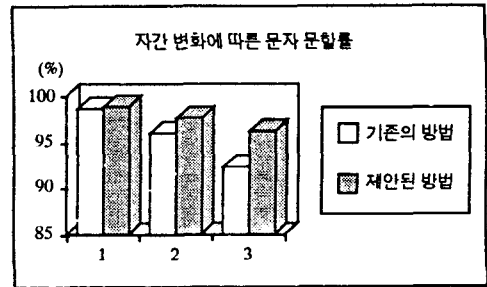
제안된 문자 분할 방법은 PC 486상에서 한글 윈도우즈 3.1과 Microsoft Visual C++를 사용하여 구현되었다. 실험에는 한글 및 영숫자가 포함된 매킨토시 출력 문서, 아래아 한글 출력 문서, 마이크로소프트웨어 잡지, 정보과학회지, 전자공학회지 등을 복사한 다음 이를 Microtek ScanMaker II를 사용하여 300dpi의 해상도로 입력하여 사용하였다. 문자 인식 알고리즘은 이진화된 영상으로부터 추출된 그물본 특징에 바탕을 둔 단순 패턴 정합 방법을 사용하였다. 다양한 문서에 대한 실험 결과 문자 분할률은 그림 6과 같다.

제안된 방법과 이전 정보만을 사용하는 방법의 성능을 비교하기 위해 아래아 한글 출력 문서의 글자 간격을 0.4, .7로 조정하여 출력한 데이터에 대해 제안된 방법과 [이동준94]의 방법으로 실험을 수행하였다. 실험 결과 제안된 방법이 이전 정보만을 사용하는 방법보다 접촉 혹은 겹친 문자 분할에 효과적이었다고 사진 분할점의 수를 줄일 수 있었다. 그림 7은 제안된 방법과 기존의 방법의 문자 분할률을 보여준다.



- 1: 매킨토시 출력 문서
- 2: 아래아 한글 출력 문서
- 3: 마이크로소프트웨어 잡지
- 4: 정보과학회지
- 5: 전자공학회지

그림 6. 다양한 종류의 문서에 대한 문자 분할률



- 1: 자간 0, 2: 자간 -4, 3: 자간 -7

그림 7. 자간 변화에 따른 문자 분할률의 비교

## VII. 결론

본 논문에서는 명도 영상의 지형적 특징을 이용하고 명도 영상의 명도값을 따라 비선형으로 문자를 분할하는 새로운 방법을 제안하였다. 이전 정보만을 사용하여 문자를 분할할 경우 이진화시 접촉 부분이 붙어버려 문자 경계를 찾기 힘들고 더우기 겹치는 경우에는 비선형으로 문자를 분할할 수 없다는 문제점이 있다. 명도 영상을 분석해 보면 접촉 부분에 주로 나타나는 지형적 특징이 있고 문자의 경계 부분이 명도값이 낮은 것을 볼 수 있다. 이러한 점에 착안하여 제안된 방법에서는 접촉되는 부분에서 추출되는 안정점 특징을 추출하여 문자 분할 위치를 효과적으로 찾을 수 있으며 명도값을 따라 최소 거리 경로를 탐색함으로써 비선형으로 문자를 분할할 수 있다.

지형적 특징을 이용한 문자 분할 과정은 먼저 명도 영상의 투영과 지형적 특징 추출을 거쳐 사전 분할 위치를 선정하고 선정된 사전 분할 위치를 중심으로 문자 분할 영역을 결정한다. 그리고 문자 분할 영역내의 화소와 명도값을 단단계 그래프의 버텍스와 버텍스간의 거리로 변환하여 최소 거리를 갖는 경로를 탐색함으로써 명도값의 합이 최소가 되는 비선형의 문자 분할 경로를 찾을 수 있다. 최종적으로 비선형 문자 분할 경로를 묶어 인식하고 인식 결과와 문자 분할 경로를 그래프로 표현하여 인식 결과의 총합이 최소가 되는 경로를 찾아 그 경로상의 버텍스들의 집합을 최종적인 문자 분할 경로로 확정하고 인식 결과를 얻을 수 있다.

앞으로의 연구 방향은 지형적 특징을 이용한 문자 인식

알고리즘에 관한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각되며, 제안된 방법을 연속 필기 문자열의 분할 및 인식에 적용해 보고 개선하는 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

### 참고문헌

- [Ariyo92] S. Ariyoshi, "A Character Segmentation Method for Japanese Printed Documents Coping with Touching Character Problems," Proc. 11th Int. Conference on Pattern Recognition, Hague, The Netherlands, Aug. 1992, pp. 313-316.
- [Bayer93] T. Bayer and U. Kresel, "Cut Classification for Segmentation," Proc. 2nd International Conference on Document Analysis and Recognition, Tsukuba, Japan, Oct. 1993, pp. 565-568.
- [Haral83] R. M. Haralick, L. T. Watson, and T. J. Laffey, "The Topographic Primal Sketch," Int. Journal of the Robotics Research, Vol. 2, 1983, pp. 50-72.
- [Horow89] E. Horowitz and S. Sahni, *Fundamentals of Computer Algorithms*, Computer Science Press, Rockville, 1989.
- [Kahan87] 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, March 1987, pp. 274-288.
- [Lee94] S.-W. Lee and Y.-J. Kim, "Direct Extraction of Topographic Features for Gray Scale Character Recognition," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1994(Accepted).
- [Liang94] S. Liang, M. Shridhar and M. Ahmadi, "Segmentation of Touching Characters in Printed Document Recognition," Pattern Recognition, Vol. 27, No. 6, June 1994, pp. 825-840.
- [Lu93] Y. Lu, "On the Segmentation of Touching Characters," Proc. 2nd International Conference on Document Analysis and Recognition, Tsukuba, Japan, Oct. 1993, pp. 440-443.
- [Martel76] A. Martelli, "An Application of Heuristic Search Method to Edge and Contour Detection," Communications of the ACM, Vol. 19, No. 2, Feb. 1976, pp. 73-83.
- [Tsuji92] S. Tsujimoto and H. Asada, "Major Components of a Complete Text Reading System," Proceedings of the IEEE, Vol. 80, No. 7, July. 1992, pp. 1133-1149.
- [Wang93] L. Wang and T. Pavlidis, "Direct Gray Scale Extraction of Features for Character Recognition", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 15, No. 10, Oct. 1993, pp. 1053-1067.
- [이동준94] 이동준, 이 성환, "한글 및 영숫자 혼용 문서에서의 문자 분할 및 인식," 한국정보과학회 추계 학술발표 논문집, 서울, 1994년 10월, pp. 403-406.
- [이성환94] 이 성환, *문자인식: 이론과 실제 I, II권*, 흥릉과학출판사, 1994년 4월.
- [이승형89] 이승형, 전종익, 조 용주, 남궁 재찬, "신문 자동 인식 시스템을 위한 문자의 분류에 관한 연구," 한글 및 한국어정보처리 학술발표 논문집, 대전, 1989년 10월, pp. 209-215.
- [이승호89] 이승호, 조 창제, 김 일영, 조 성배, 양 현승, 김 진형, "한글 문서 인식 시스템 SILNOON의 개발," 한국정보과학회 춘계 학술발표 논문집, 부산, 1989년 4월, pp. 211-214.
- [이종국90] 이 종국, 이 중하, 김 형준, "문서 영상에서의 문자와 그림의 분리 추출에 관한 연구," 한국정보과학회 추계 학술발표 논문집, 서울, 1990년 10월, pp. 167-170.
- [이현표89] 이 현표, 양 순성, 황 교철, 이 균배, "한글 문서에서의 낱자 분리 알고리즘," 한글 및 한국어정보처리 학술발표 논문집, 대전, 1989년 10월, pp. 203-208.
- [장명옥93] 장 명옥, 천 대녕, 양 현승, "연결화소를 이용한 문서 영상의 분할 및 인식," 한국정보과학회 논문지, 제 20권 제 12호, 1993년 12월, pp. 1741-1751.
- [최봉희94] 최 봉희, 이 인동, 김 태균, "문자영역 추출과정에서의 오픈리의 교정," 한국정보과학회 논문지, 제 21권 제 1호, 1994년 1월, pp. 86-93.
- [함경수91] 함 경수, 표 창우, 원 유현, "모음 우선 인식에 의한 한글 인쇄 문자의 분리와 인식," 한국정보과학회 추계 학술발표 논문집, 서울, 1991년 10월, pp. 251-254.