

구조적 정보를 근거로 최적우선탐색하는 온라인 한글 인식

권 오 성 , 권 영 빈

중앙대학교 전자계산학과 컴퓨터비전 연구실

An On-Line Hangul Recognition System Based on the Structural Information and the Best-First Search

Oh-Sung Kwon , Young-Bin Kwon

Computer Vision Laboratory, Dept. of Computer Science
Chung-Ang University, Seoul, 156-756, Korea

요 약

일반적으로 한글 인식 과정은 많은 후보들을 생성하며 이 후보들로부터 정확한 인식결과를 얻고 복잡도를 줄이기 위해서는 효과적인 한글 표현과 탐색기법이 요구된다. 이런 목적을 위하여 본 논문에서는 한글에 적합한 구조적 정보들을 4단계 계층적 형태로 표현한다. 그리고 이 정보들을 근거로 후보 문자의 생성과 탐색을 진행하며 전체적으로 최적우선탐색을 이룬다. 인식실험은 다양한 필자들을 대상으로 한글 찾기 상위 422자로 실험한 결과 평균 86% 인식률을 얻을 수 있었다.

I. 서 론

컴퓨터와 의사전달 매체로서 키보드는 사용에 익숙치 않은 많은 사용자들에게 큰 장애요인으로 작용함이 사실이다. 더우기 한자나 한글과 같이 방대한 문자체계를 갖는 문화권에서는 보다 심각한 문제가 될 수 있을 것이다. 최근 이러한 인터페이스를 인간위주의 보다 친숙한 매체로 전환해야 한다는 생각에 따른 HCI(Human- Computer

Interaction)의 활발한 연구와 다양한 입력장치가 개발되고 있다. 이 중에서도 가장 주목받는 새로운 인터페이스가 pen-driven 인터페이스(혹은 electric paper)이며, 키보드는 펜이 쓰여질 수 있는 테블릿(tablet)으로 대체되어진다. 그러한 입력장치에 문자데이터가 입력되어 문자 코드화 되기 위해서는 테블릿상의 필기를 인식하는 과정이 요구된다. 이러한 이유에서 지속적인 문자 인식 알고리즘의 연구개발이 있어왔다.

인식방법은 크게 통계적 접근방법(statistical or decision-theoretic approach), 구조적 접근방법(structural approach)과 신경망 접근방법(neural net approach)으로 나누어 볼수있다[8,9]. 통계적 접근방법은 패턴을 구분하기 위한 결정함수에 의해서 입력패턴을 구분하는데, 이러한 접근방법은 특징량의 양적차이가 인식의 중요한 역할을 한다. 이러한 접근방법의 예로서는 그물눈(mesh)의 통계적 특징을 이용한 인식, 주파수 공간상에서의 특징점 추출법 그리고 패턴을 수식화 또는 벡터화하여 비교 판정하는 DP (dynamic-programming)매칭법등이 사용된다. 구조적 접근방법은 패턴을 구성하는 부분패턴들을 정의하고 이런 방법으로 부분패턴들을 정의해 나갈 때 가장 간단한 부분패턴을 프리미티브(primitive)로 정의하여 이러한 부분패턴들의 조합으로 패턴을 구성하는 방법이다. 신경망에 의한 인식 연구도 꾸준히 이루어지고 있으나 아직 신경메카니즘의 연구가 미흡한 상태고 망내의 복잡도 문제를 안고 있다. 온라인 한글 필기문자의 경우는 한글의 구조가 계층구조를 이루며 패턴이 다양한 변형을 포함하기 때문에 특징이 주로 질적이며 양적인 면을 포함한다고 볼 수 있다.

온라인 문자인식에서 발생하는 어려움은 필기시에 발생하는 자소(문자)모양에 관한 변형, 획수, 그리고 획순의 변형에 기인된다고 할 수 있다[1,2,3,4,5]. 이러한 입력의 변형을 흡수하기 위한 손쉬운 방법은 모델의 수를 증가시키는 것이다. 그러나 이러한 모델 수 증가는 인식과정의 복잡도를 증가시킨다. 본 논문에서는 입력의 변형을 효과적으로 흡수하면서 인식과정의 복잡도를 줄이기 위한 방법으로 다음을 제안한다.

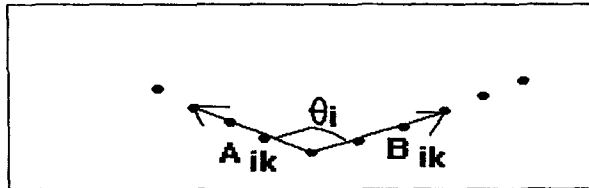
- (1) 선분표현에 의한 자소모델 구성
- (2) 한글구조의 4단계 계층적 표현
- (3) 후보자소열 공간의 최적우선 탐색

선분에 의한 자소모델 구성은 획수에 관계없는 자소모델을 구성할 수 있으므로 자소모델 수를 줄일 수 있고 자소간 홀림도 부분적으로 인식이 가능하다. 한글 구조의 계층적 표현은 한글 특성에 충실하면서 복잡도를 흡수한다. 마지막으로 최적우선 탐색(best-first search)을 사용하여 후보 자소열(문자)의 수가 급격히 증가하더라도 효율적으로 인식결과를 결정하도록 인식 시스템을 구성할 수 있다.

본 논문에서는 선분생성 과정과 한글의 4단계 구조정보 표현을 설명한다. 그리고 후보자소열 공간에서 필요한 탐색 알고리즘을 열거하고 끝으로 제안하는 인식방법이 효율적임을 실험결과를 통해 보이고자 한다.

II. 전처리와 선분생성

타블렛과 전자펜의 재질은 종지와 연필과는 차이가 있어서 입력되는 점열(point stream)은 정도의 차는 있지만 여러가지 잡음과 떨림을 포함한다. 그런 입력 점열로부터 보다 정확한 특징 추출이 가능하기 위해서 평균화(smoothing), 필터링(filtering), 찌침제거의 과정들로 이루어지는 전처리 과정이 요구된다[1,2,3,4]. 이와 같은 전처리후 확분할 과정에서는 입력 획들을 인식의 프리미티브(Primitive)인 선분들로 나눈다. 선분의 경계가 되는 특징점(획내의 굴곡점,시전과 종점)중 시점과 종점은 쉽게 구할수 있다. 일반적으로 굴곡점은 국소적으로 점열사이의 각 변화에 의해서 결정한다[5,6]. 이제까지 한글인식에서 사용된 굴곡점 추출 방법은 한 획내의 복수개 굴곡점 추출에 어려움이 있고 잡음에 약한 특성때문에 강력한 전처리에 의존하여 정확한 굴곡점을 추출하고 있다[5,6]. 본 인식 시스템에서 사용한 굴곡점 추출 방법은 입력 점열에 의해서 두개의 벡터를 정의하고 두 벡터사이의 내적을 구한다(그림 2.1). 구한 내적 값을 각 벡터 크기의 곱으로 나누면 벡터사이의 각을 쉽게 구할수 있다. 여기서 벡터의 크기 k는 입력획의 길이에 의존하여 결정하게 한다. 보통 벡터의 크기는 3에서 6 점의 값으로 결정되며, smoothing의 효과를 갖는다. 입력획의 시작과 끝 부분에서 벡터의 크기만큼의 점들을 확 분할 과정에서 제외하므로 전처리의 찌침제거 효과를 대신하여 잡음에 강한 특성을 갖는다.



$$A_{ik} = (X_{i+k} - X_i, Y_{i+k} - Y_i)$$

$$B_{ik} = (X_{i-k} - X_i, Y_{i-k} - Y_i)$$

$$\theta_i = \cos^{-1} \{ (A_{ik} \cdot B_{ik}) / |A_{ik}| |B_{ik}| \}$$

(그림 2.1) 입력점열의 사이각

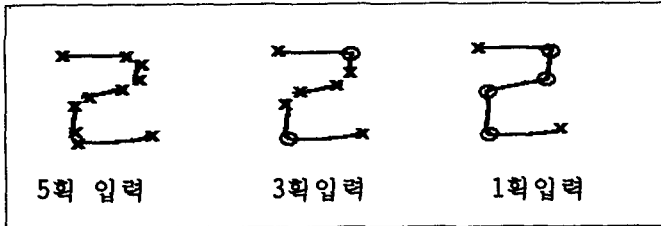
이런 과정으로 구한 사이 각의 열에서 각의 변화를 찾아 다음과 같이 국소적으로 최소치의 값을 갖는 점을 굴곡점으로 하였다.

$$\theta_{i-3} > \theta_{i-2} > \theta_{i-1} > \theta_i < \theta_{i+1}$$

↑
특징점

확 분할후에 생성되는 선분의 수는 획 수에 영향을 받지 않는다. 그러므로 획 수가 다르지만 유사한 형태를 갖는 자소의 경우, 즉 유사도 값의 차가 어떤 임계치를 만

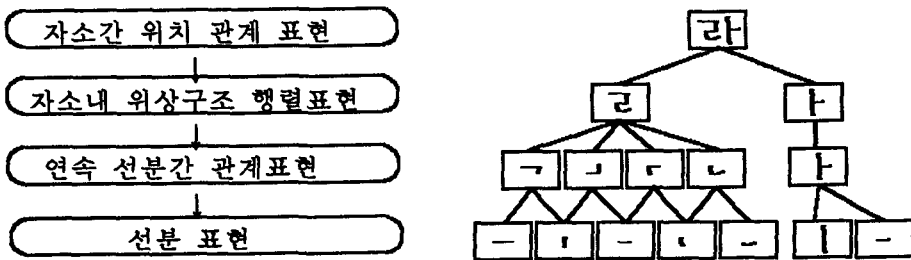
즉하면 학습시에 동일 자소모델로 유지 된다(그림 2.2). 이런 선분에 의한 자소모델 구성 방법은 기존의 획 수에 의한 방법보다 보다 적은 모델 수를 유지할 수 있고 인식 과정의 복잡도를 줄인다. 특히, 이러한 선분에 의한 표현 방법은 어떤 획이 자소간에 걸쳐지는 자소간 홀림에서 연결부에 굴곡점을 포함하여 선분으로 구분될 수 있으면 인식이 가능하다.



(그림 2.2) 획수가 다른 자소의 선분생성

III. 한글의 구조적 정보 표현

한글의 구조를 살펴보면, 한 글자는 초·중·종성의 자소들로 이루어진다. 각 자소들은 선분들로 이루어지고 자소마다의 독특한 위상구조를 갖고 있다. 한글 구조상 본질적인 특성은 글자와 자소를 이루는 선분들의 유형 규정과 선분들 사이의 관계표현에 있음을 쉽게 알 수 있다. 본 논문에서는 이러한 한글 구조상의 특성을 효과적으로 표현하고 인식의 오류를 줄이기 위해 다음과 같은 4 단계 계층 표현법을 사용한다. 제안하는 표현법은 상위 단계로 갈수록 보다 포괄적으로 문자내 정보를 표현할 수 있다.



(그림 3.1) 한글 구조의 계층적 표현

III.1 자소간 위치 관계 표현

어떤 후보 자소로 부터 계속적인 확장이 이루어 질때 현재 후보 자소와 확장 자소간 위치관계 표현이 요구된다. 예를들면 다음의 경우는 위치정보에 의해 다음 자소의 종류를 결정해야 하는 경우이다. 위치정보는 후보자소들의 외접 사각형을 구하고

사각형의 중점들간의 방향성으로 관계를 표현한다 .

III.2 자소내 위상구조 행렬표현

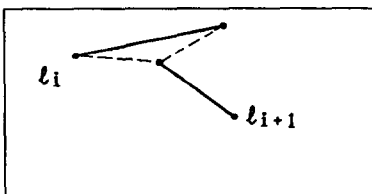
한글 자소의 특성에 비추어, 각 선분들이 다른 선분들에 대하여 갖는 선분의 상·하·좌·우 관계정보는 매우 중요하고 강력한 정보라고 할 수 있다. 본 시스템의 구성에 있어서 이러한 정보는 각 자소가 갖는 선분의 수에 비례하는 정방형 행렬로 표현한다. 이러한 행렬 정보에 위배되는 경우는 후보 자소열 공간에서 탐색비용이 $+\infty$ 가 되어 후보자소를 생성하지 못하도록 인식 알고리즘을 구성하였다. 행렬의 각 항을 채우는 정보는 각 선분의 중점이 다른 선분들의 중점에 대해 갖는 상좌(上左),상우(上右),하좌(下左),하우(下右)의 4가지 관계로 표현한다.

상좌(01)	상우(02)
하좌(04)	하우(08)

행렬의 각 항의 정보는 1 byte로 표현되며, 각 표현마다 정해진 해당 bit 위치를 갖는다. 이러한 위상 행렬의 학습과 인식은 AND와 OR bit연산으로 이루어 질 수 있다.

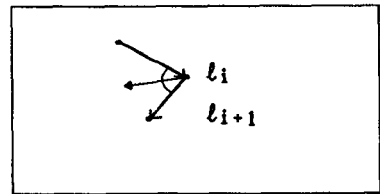
III.3 연속 선분간 관계표현

시간적으로 연이어지는 두 선분의 관계를 표현하기 위해 두가지 정보를 표현한다. 먼저,어떤 선분의 양 끝점과 다음 선분 시작점과의 길이의 비를 선분간의 구조표현을 위해 다음과 같이 정의된다. 이러한 선분의 비는 어떤 선분에 다음 선분이 중앙에 위치하는지 양 쪽으로 치우쳤는 지에 따라 다른 값을 표현한다(그림 3.4-(a)). 다음으로,어떤 선분이 다음 선분과 이루는 사이각의 방향으로 두 선분의 관계를 표현한다(그림 3.4-(b)).



$$\text{Length}(l_i) = \text{longer}(a,b) / \text{shorter}(a,b)$$

(a) 연속 선분사이의 길이

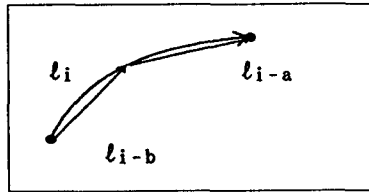


(b) 연속 선분사이의 사이각 방향

(그림 3.4) 연속선분간 관계 표현

III.4 선분의 표현

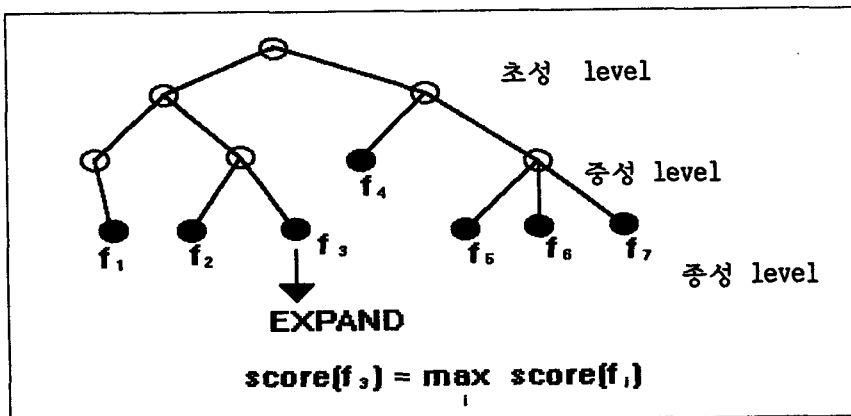
굴곡점을 기준으로 생성된 각 선분들은 어느정도의 곡률을 갖는 선분이다. 이러한 선분의 정확한 표현을 위해, 각 선분(l_i)의 중점을 기준으로 하나의 선분은 두개의 부선분(l_{i-a}, l_{i-b})로 나누어 표현한다(그림 3.6). 선분(l_i)의 표현은 부 선분들이 갖는 방향값의 집합으로 나타낸다.



(그림 3.6) 선분표현

IV. 후보자소열 공간에서의 탐색

입력 문자는 III절의 방법에 따라 계산되어진 값들로 표현되며 자소모델을 형성하기 위한 학습과정도 동일한 표현방법에 따라 이루어진다. 그러므로 입력 문자에 적합한 최적의 자소열을 생성하는 과정은 측정된 유사도를 기준으로 가능한 후보 자소열을 생성하고 탐색을 진행하는 것이다. 탐색은 최적 노드를 먼저 확장하는 최적우선탐색을 택하여 노드 수 증가에 따른 탐색의 부하를 줄였다. 입력패턴을 자소 모델과 비교하는 과정은 자소모델에서 정하는 선분 수 만큼 입력 패턴을 분할하여 matching을 수행한다. 그러므로 각 모델이 가지는 선분 수에 따라 대응되는 입력 패턴의 선분 수가 정해진다. 트리의 확장 순서는 (그림 4.1)과 같이 초성모델에 의해 생성되는 첫번째 level, 확장되어진 초성 level에서 중성모델들과의 matching에 의해 생성되는 두번째 level, 다음은 중성 level순으로 탐색공간 트리가 확장된다.



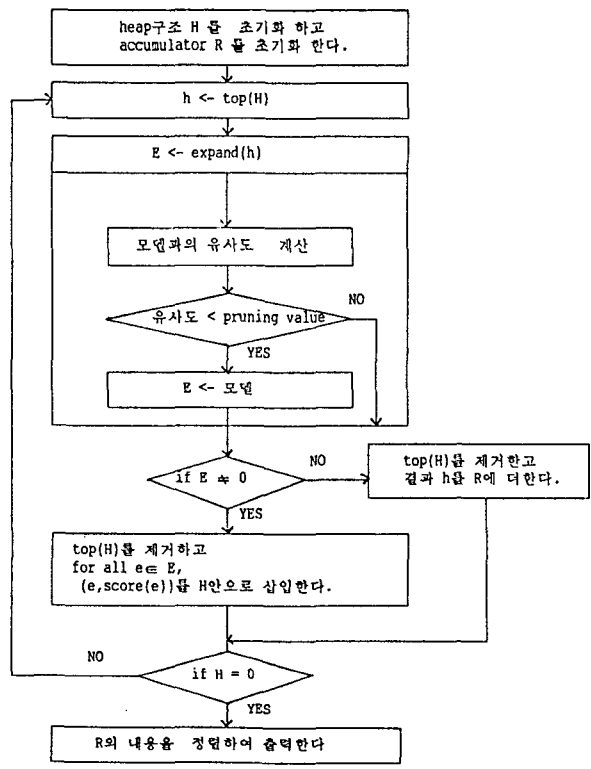
(그림 4.1) 최적우선탐색에 의한 트리생성

트리 구조는 단말 노드들만을 표현하며 heap구조로 표현했다. heap구조 표현은 노드의 삽입과 삭제가 용이한 구조이고 정해진 key 값에 의해 정렬된 형태를 유지하므로 최적 우선 탐색의 구현에 적합한 구조이다[7]. heap의 각 노드가 갖는 정보는 다음과 같다.

확장되어진 후보자소 code 열	후보자소의 유사도	확장되어진 입력선분의 표현
-------------------	-----------	----------------

(그림 4.2) heap 노드의 정보

heap으로 표현된 트리에서 후보노드의 생성과 유사도에 따른 탐색, 노드의 삽입과 삭제, 최적 자소열의 선택과정은 (그림 4.3)의 알고리즘으로 요약할 수 있다. (그림 4.3)의 알고리즘에서 함수 top()은 heap구조의 top node를 return하며 이 node는 해당 시점에서 최적의 score를 가진 후보자소열의 node가 된다. 함수 expand는 top()에 의하여 선택되어진 노드로 부터 타블렛 입력과 자소모델과의 matching에 의하여 확장 가능한 후보자소들을 return한다. expand()에 의하여 확장된 노드들은 다시 heap구조에 삽입된다. 함수 expand()에 의해서 더이상 확장되지 않는 후보자소열은 accumulator R에 저장된다. accumulator R은 tree의 더 이상의 성장이 불가능한 시점에서 정렬하여 인식결과를 출력된다.



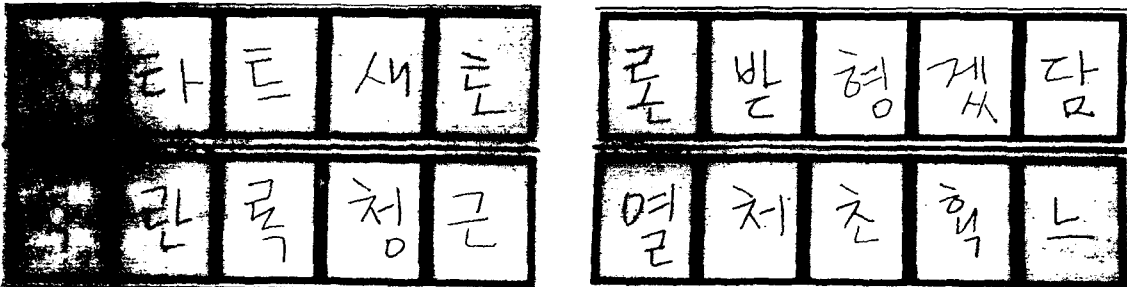
(그림 4.3) 최적우선탐색 알고리즘

V. 실험 및 분석

제안한 인식알고리즘은 SUN SPARCstation IPC 환경에서 C를 사용하여 X window 상에서 구현하였다. 사용한 타블릿은 WACOM SD-422 모델을 사용했고 9600 bps의 sampling 속도와 0.02 mm/point의 해상도를 갖는다. 실험에 사용한 한글은 잣기 상위 빈도 422자를 4명의 필기자를 대상으로 필기하도록 하여 인식률을 구했다. 실험결과 얻은 인식률은 표 6.1과 같이 86% 평균 인식률을 얻었을 수 있었다. 실험 데이터의 예는 (그림 6.1)과 같다.

필기자	자소분할률	미인식률	오인식률	정인식률
1	98.3	2.8	7.3	88.1
2	98.8	2.3	5.9	90.5
3	97.8	4.5	9.2	84.1
4	96.6	5.2	9.9	81.5

(표 6.1) 인식률



(그림 6.1) 필기 데이터의 예

VI. 결론

본 논문에서는 한글에 적합한 구조적 정보를 4단계 계층구조로 정의하여 사용함으로써 한글 특성에 충실하면서 매칭해야할 모델 수를 줄일 수 있었다. 후보 자소열 공간에서 인식 문자의 결정은 최적우선탐색을 통하여 탐색해야할 공간을 줄이면서 정확한 인식이 되도록 했다. 자소모델의 구성은 학습을 통해 생성함으로써 실제 홀림체 한글에 적합한 특징벡터를 얻을 수 있도록 구성하였다. 자소모델 표현의 기본단위인 선분의 수가 동일하면 단일 자소모델로 표현하여 유지해야할 모델의 수를 줄이면서 부

분적 자소간 홀림도 가능하였다. 인식실험 결과를 통하여, 제안하는 인식 알고리즘이 한글 인식에 적합한 방법이 될 수 있음을 보여준다. 앞으로 보다 연구되어야 할 사항으로는 문자의 기울어짐을 흡수하는 방법론과 자소간 연결 선분이 나타나는 홀림체의 경우를 고려한 확분할방법의 연구가 필요하다. 또한 애매한 부분의 처리를 위한 퍼지 논리의 적용은 인식률의 향상을 가져올 수 있을 것이다. 그리고 후처리로 한글사전과 문법적 지식을 사용한 오인식 교정부를 추가하면 보다 실용적인 인식 시스템이 가능할 것이다.

참고 문헌

1. 권 오성, 권 영빈, "온라인 한글의 확해석방법에 대한 고찰", 한국정보과학회 인공지능연구회 인공지능소식, 제 6권 3호, 1991.
2. 김 태균, 이 은주, "한글에 적합한 확 해석에 의한 연속 필기 한글의 On-line 인식에 관한 연구", 한국 정보과학회 논문지, Vol 15, No.3, pp. 171-181, 1988.
3. 성 운재, 오 영환, 김 진형, "계층적 곡선표현 기법을 이용한 온라인 필기 한글 인식", 제4회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 논문집, pp.215-222, 1992.
4. 성 태진, 방 승양, "문자조합 규칙 학습에 의한 한글 온라인 필기 인식기의 설계", '91년 가을 학술발표논문집, pp.223-226, 1991.
5. Colin A Higgins and David M Ford, "A New Segmentation Method for Cursive Script Recognition", International Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition, Chateau de Bonas, France. Sep., 1991.
6. Hong-Chih Liu and M.D Srinath, " Corner Detection from Chain-code", Pattern Recognition, Vol. 23, No. 1/2, pp. 51-68, 1990.
7. Shimon Edelman, et al., "Reading Cursive Handwriting by Alignment of Letter Prototypes", International Journal of Computer Vision, Vol. 5, No.3, pp.303-331, 1990.
8. Sing-Tze Bow, "Pattern Recognition and Image Preprocessing", Marcel Dekker, New York, 1992.
9. Charles C. Tappert, Ching Y. Suen, and Toru Wakahara, " The State of the Art in On-Line Handwriting Recognition", IEEE Trans. on PAMI, Vol.12, No.8, pp. 787-803, August 1990.