
碩士學位論文

TRIE를 利用한
筆記體 한글 認識機의 具現

濟州大學校 大學院

情報工學科



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

梁 僖 局

1997年 6月

TRIE를 이용한 筆記體 한글 認識機의 具現

指導教授 李 尙 俊

梁 僖 局

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

1997年 6月

梁僖局的 工學碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 김 장 형



委 員 이 상 준



委 員 곽 호 영



濟州大學校 大學院

1997年 6月

An Implementation Of Handwritten
Hangul Recognition Using The TRIE

Heui-Gug Yang

(Supervised by professor Sang-Joon Lee)



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING
GRADUATE SCHOOL CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1997. 6.

차 례

SUMMARY.....	I
I. 서 론	1
II. 한글 필기체의 인식.....	3
III. 구조적 특징을 이용한 한글의 전처리.....	12
1. 한글의 구조적 특징 및 정형화 가능성.....	12
2. 정형화 과정.....	13
3. 정형화 결과 및 평가.....	15
IV. TRIE를 이용한 필기체 한글의 표현.....	19
1. 필기체 한글표현을 이용한 TRIE의 설계.....	19
2. TRIE를 이용한 한글의 표현.....	20
3. 인식 알고리즘의 복잡도.....	25
V. 구현 및 평가.....	27
1. SYSTEM의 구성.....	27
2. TRIE의구성.....	27
3. 학습과정.....	29
4. 인식실험.....	30
5. 실험평가.....	31
VI. 결론.....	33
참고문헌.....	34
감사의 글.....	37

Summary

Generally, for the off-line handwritten Hangul recognition, the preprocessing and postprocessing is needed for the input data. Removing hooks, smoothing, filtering and thinning processes are included in the preprocessing. The preprocessed data is constructed in an appropriate internal representation and used for the recognition in the postprocessing.

Most of the preprocessing method have the similiar calculation time, but the time in recognition process is depends on the internal representation schemes and the matching algorithms to the prior knowledge or the stored data.

For the fast matching calculation time, we propose the new internal representation scheme for handwritten Hangul using TRIE. For this purpose, we extracted the structural features of Hangul by standard form and applied it to the TRIE.



I. 서론

패턴인식(pattern recognition) 분야에 대한 많은 연구에도 불구하고 대부분이 기대할 만큼의 획기적인 연구결과가 나오지 못하고 있다. 그러나 패턴인식의 한 분야인 문자인식 분야는 타분야에 비해서 비교적 성공적인 연구결과 및 상용제품들이 나오고 있다. 현재 인쇄형태의 문자에 대한 인식기술은 상당히 만족할 만한 수준까지 개발되어 있어서 도서 전산화등 정보처리 업무에 상당한 도움을 주고 있다. 필기체 문자는 필기자가 갖는 다양한 개성으로 인하여 연구(권오성1995,이성환1993,변영철1995)에도 불구하고 상용시스템으로 구축하기에는 아직도 미흡한 실정이다. 이러한 필기체 인식을 어렵게 하는 요인으로서는 필기자의 다양한 글씨 형태나 흘림의 정도, 전처리 및 후처리에 필요한 계산시간등이 주요 걸림돌로 작용하고 있다.

필기체의 문자인식은 문자가 쓰여짐과 동시에 컴퓨터의 인식이 수행되는 온라인 방법과 이미 쓰여진 문자를 광학 스캐너를 통하여 입력한 후 처리를 하는 오프라인 문자인식으로 나눌 수 있다. 온라인 인식은 글자입력시에 글자를 이루고 있는 획의 시작과 끝에 대한 시간정보를 얻을 수 있어서 이러한 정보가 없는 오프라인 인식방법 보다는 상대적으로 인식률이 높은 편이다.

일반적인 한글인식과정은 전처리 및 후처리로 나누어 진행된다. 전처리에서는 난폭점의 제거, 평활화, 필터링, 뺄침제거, 세선화 과정을 처리하게 된다. 후처리에서는 전처리과정을 거친 데이터를 입력받아 컴퓨터의 내부적 표현으로 바꾼 후 데이터베이스의 내용과 비교하여 글자를 인식하게 된다. 따라서 일반적인 글자인식에 있어서 전처리 과정의 계산시간은 큰 차이가 없게된다. 그러나, 후처리에 있어서는 글자의 표현방법이나 데이터들의 비교방법 여하에 따라 계산시간의 효율성을 제고할 여지가 많다.

본 논문의 목적은 필기체 한글의 후처리 속도를 개선함으로써 전체 한글의 인식시간을 제고할 수 있도록 하는 것이다. 따라서 본 논문에서는 한글의 구조적 특징을 이용한 효과적인 내부 표현방법과 이를 이용한 새로운 인식방법을 제시하고 실험적 시스템을 구현하여 제안된 방법이 효율적임을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다.

2장에서는 지금까지 연구되어온 대표적인 인식방법론에 대하여 고찰한다. 3장에서는 전처리 과정에서 한글의 구조적 특징을 추출할 수 있는 방법에 대하여 논한다. 4장에서는 효과적인 내부표현 방법에 대하여 논한다. 5장은 실험적 인식시스템의 구축과 실험결과에

대하여 기술한 후 6장에서 결론을 기술하였다.



II. 한글 필기체의 인식

한글 필기체 인식은 크게 on-line인식과 off-line인식으로 나눌 수 있다. on-line 인식은 글자가 쓰여지면서 바로 인식을 하기 위한 것으로 펜 입력 컴퓨터의 상용화 등에 이용할 수 있다. off-line 인식은 이미 쓰여진 필기체 한글을 인식하는 것으로 우편봉투의 주소인식, 원고인식등 그 응용분야가 다양하다. 필기체 글자의 인식을 위해서는 우선 글자의 인지 및 분할 추출후 인식을 위한 처리를 하게된다. 본 연구에서는 추출된 글자의 인식에 관한 것이다. 이를 위하여 기존의 연구사례를 살펴보겠다.

1. 온라인 인식

1.1 최적트리틀 이용한 인식

결정트리(decision tree)는 다양한 분야의 패턴인식 문제의 해결을 위해 사용되어 왔으며, 특히 결정 트리를 이용한 트리 분류기는 복잡한 분류 영역을 지니고, 고차원의 특징 공간을 지닌 패턴 분류들과 방대한 양의 패턴 부류들을 인식하고 분류해 내는데 효과적으로 적용된다(이,1993). 단일 단계 분류기에 비하여 트리 분류기가 처리하는 점에서는 복잡한 전역적인 의사 결정 과정을 결정 트리의 여러 단계에서 여러개의 단순하고 지역적인 의사 결정으로 나누어 처리할 수 있도록 한다.

우선적으로 세포 히스토그램을 이용한 특징을 우선 추출한다. 한글 데이터를 수평, 수직, 대각선으로 나누어 압축패턴을 구한 후 윤곽선 추적, Fourier기술자를 이용한 특징 추출함으로써 한문자의 특징을 추출하게 된다. 이렇게 추출된 특징의 복잡한 전역적인 부류들은 트리 내부에서의 지역적인 결정 영역들의 조합을 통해 특징 공간의 차원수를 줄여 가면서 그 부류 수를 줄여가는 것을 원칙으로 하는데 입력부류들에 대한 최적 트리 분류기로 다음 4가지 원칙으로 나눈다. 첫 번째 분기계수의 최적화, 두 번째 균집화의 달성, 세 번째 오류율의 제어, 네 번째 최상의 특징 선택으로 나눈다. 이와같은 네가지의 원칙을 고려하여 최적 트리 분류기를 구현하게 되는데 내용에서는 최적트리 분류기 상에서 엔트로피 감소의 개념도입은 분류의 수가 많을수록 효율적이다. 전체 중복이 발생된 수(OVLP)는 아래와 같이 현재 균집화가 끝난 후 발생된 전체 단말 노드에서 부류의 수와 입력 부류수의 차이로서 정의 할수 있는데, 이 값이 작을수록 최적의 경우를 얻을수

있다.

$$OVLP = \sum_{j=1}^k n_j - n,$$

n 은 j 번째 노드에서의 부류의 수, k 는 노드의 수, 그리고 n 은 입력 부류의 수이다.

이와같은 데이터의 분류에 의한 장점에서는 많은 조건 추가에 의하여 코드정보와 함께 활자체 정보도 추출 가능하다. 반면에 데이터의 인식 속도에서는 많은 지역적인 분류에 의한 각 데이터 검색을 처리해야 하는 단점이 된다.

1.2. 스트링 정합을 이용한 인식

필기자의 필기에 의하여 입력된 데이터는 등간격을 갖는 선 분열로 변화하게 한다. 즉, 인식과정의 복잡도를 줄이면서 높은 인식률을 제공할 수 있게 하기 위하여 선분 길이는 자소분할점과 문자 형태 표현에 미흡함이 없는 길이로 결정하도록 하고 생성된 선분들 중에서 필기 궤적의 굴곡부에 위치한 선분들은 별도로 구분하여 정합하게 한다. 그러므로, Fig.1 에서 처럼 입력된 문자는 정의된 알파벳에 따라 스트링으로 전환한다. 우선적으로 원형자소의 생성을 위하여 각 문자들의 독립적인 클래스로 정의하고 인식을 시도하게 되면 분류해야할 클래스가 많아진다. 또한, 클래스들의 유사성 때문에 효과적인 인식

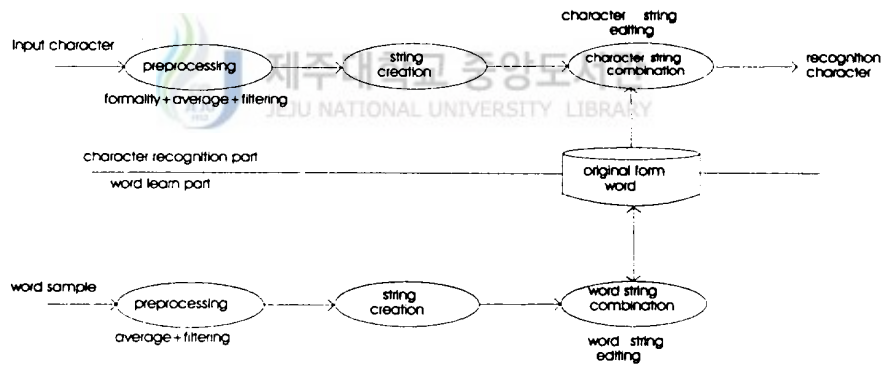


Fig. 1 Character recognition process by string matching

방법을 구하여야 함으로 한 문자를 구성하는 자소들을 발견하고 그것들을 결합함으로써 인식결과를 생성하는 방법을 사용하였다. 자소표본의 클래스로 정인식되지 않은 경우, 정인식 되었으나 1후보 자소가 2후보 자소와의 차이가 어떤 임계치 이하인 경우에 의

하여 새로운 원형 추가의 변화가 이루어진다. 그러므로, 정인식 결과를 생성하도록 한 원형은 현재 입력된 학습의 원형이 되어 해당 원형이 속하는 클래스를 대표하는 정도값도 증가하게 되어서 학습과정은 학습을 위한 자소 표본을 정인식하기 위해 더 이상의 원형 자소 생성이 필요하지 않을 때까지 반복하여 수행된다. 반복 수행되어 인식과정의 자소정합방법과 동일하게 이루어진다. 이렇듯이 정합결과에 의해 생성되는 후보자소의 집합에 의하여 최적의 정합을 이루는 문자의 결정을 하기위하여 후보문자의 공간의 표현과 탐색이 요구된다(권,1994).

장점은 입력필기는 등간격의 선분으로 분할되고, 선분의 방향값과 유형에 따라 배정된 기호들에 의하여 스트링으로 표현되도록 하였다. 즉, 정의된 편집연산과 적용규칙에 의하여 편집단계마다 유일한 편집연산을 결정할수 있다는 점이다. 그러나, 자소표본의 정인식을 위하여 원형자소 생성이 필요할 때까지 반복하는 학습과정에서 많은 계산시간이 필요하다.

2. 오프라인 인식

2.1 적용적 패턴정합을 이용한 인식

Wakahara(Wakahara.1990)는 문자패턴이 갖는 구조적인 특징과 쉽게 결합할수 있는 방법으로 수학적으로 잘 정의된 국부적 선형변환을 이용하여 패턴을 정합하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 비선형 패턴 정합 방법의 하나이며, 검은 점을 기준으로 이 점과 이웃한 점들과의 분포를 고려하여 최적의 선형으로 변환을 찾음으로써 다양하게 발생하는 문자 패턴의 형태 변형을 흡수하고자 한다. 즉, 입력패턴 S와 표준패턴 R에서의 검은 점의 분포를 각 부분 영역에서의 선형 변환으로 표현할수 있다고 가정한다. 만약, 이러한 가정이 타당하다면 각각의 부분 영역에서의 최적으로 정합하는 국부적 선형 변환을 결정하므로써 두 패턴의 정합을 성공적으로 수행할 수 있으며, 또한 두패턴에 대해서 적당한 윈도우 함수를 적용함으로써 가능한 선형 변환의 범위를 제한 할 수가 있다. 그렇지만, 검은 점들의 분포 정보만을 고려하여 선형 변환을 찾기 때문에 이렇게 찾아진 변환이 전역적으로 볼 때는 국부적 최소에 빠질 우려가 있다. 그러므로, 이러한 현상을 방지하고 정합의 정확도를 개선하기 위해 입력패턴과 표준패턴의 각각의 검은 점에서 구조적인 정보를 추출 한다음, 이 정보를 목적 함수에 추가함으로써 구조적인 정보가 서로 유사한

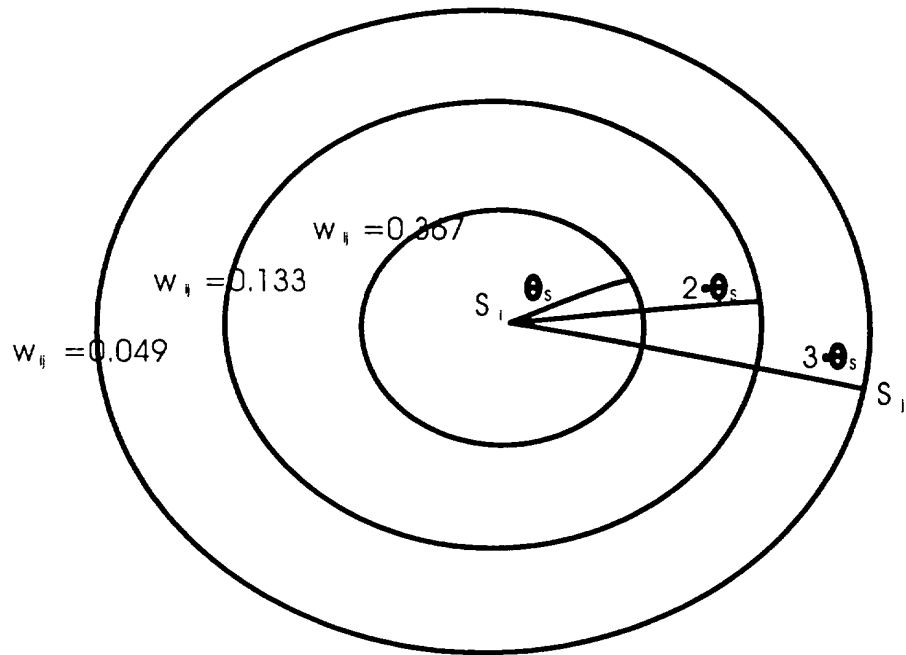
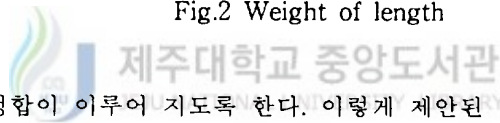


Fig.2 Weight of length



방향으로 패턴정합이 이루어지도록 한다. 이렇게 제안된 방법의 특징을 크게 요약하면 첫째, 정합의 정확도를 개선하기 위하여 구조적인 정보를 사용한다. 즉, 패턴정합은 이웃하는 검은 점들의 분포 정보만을 고려하여 선형변환을 찾기 때문에 이렇게 찾아진 변환이 전역적으로 볼 때는 국부적 최소에 빠질 우려가 있다. 이런 현상을 방지하고 정확도를 개선하기 위하여 입력패턴 과 표준패턴의 각각의 검은 점에서 구조적인 정보를 추출하였다. 이 정보를 목적함수에 추가한 다음, 함수에 추가되므로 인하여 구조적인 정보로서 각각의 검은 점으로서 구조적인 정보가 서로 유사한 방향으로 패턴 정합이 이루어지도록 한다. 둘째, 단일 정합과정의 처리속도를 개선하기 위하여 각 점에 대한 이웃을 고려하여 처리한다. 즉, 기존의 국부적 선형 변환을 이용한 패턴 정합 방법을 살펴보면, Fig. 2 에서와 같이 단일 정합 과정의 3단계 의 목적 함수를 계산할 때, 입력패턴과 표준패턴의 모든 검은 점에 대해서 점 사이의 거리를 계산하고 가우스 윈도우 함수를 적용한다. 가중치 W_{ij} 를 계산하기 위한 가우스 윈도우 함수의 특성을 살펴보면 S_i 와 S_j 의 거

리가 클수록 적용되는 가중치는 거의 0에 가깝게 된다. S_i 를 기준으로 거리가 매우 먼 점일수록 목적함수에 끼치는 영향이 매우 적다. 셋째, 반복 정합이 수렴속도를 빠르게 개선하기 위하여 적응적으로 반복 정합을 수행한다.

이 방법의 장점에서는 제안된 적응적 패턴 적합 방법이 기존의 패턴 정합 방법보다 수렴속도 및 정합의 정확도가 좋다는 것을 볼 수 있으나 반면에 전체적으로 패턴정합에 바탕을 두기 때문에 문자 패턴에서 추출할 수 있는 구조적인 정보를 거의 사용하지 않았다는 점을 볼 수 있다.

2.2 은닉 마르코프 모델을 이용한 인식

은닉 마르코프 모델은 다양한 변화를 내포하고 있는 입력패턴으로 모델링하는 특성을 가진다. 이러한 특성을 이용하여 박희선(박,1993)은 필기체 한글의 인식을 위한 연구를 하였다. 즉, 특징을 추출하기 위하여 수평영역 투영변환(Horizontal RPCT:HRPCT), 수직영역 투영 변환(Vertical RPCT:VRPCT), 수평-수직 영역 투영변환(Horizontal-Vertical RPCT:HVRPCT), 대각선-대각선 영역 투영 변환(Diagonal-Diagonal RPCT:DDRPT)의 4종류의 변화 기법으로 서로 다른 투영된 패턴의 윤곽선을 얻는다. 즉, 영역 투영으로부터 형성된 단일 윤곽선으로부터 방향 성분을 추출하여 특징 벡터를 생성하고자 한다. 인식의 구조를 보면 학습단계에서는 4종류의 영역 투영 윤곽선의 방향 성분 벡터 위에 4종류의 은닉 마르코프 모델을 구성한다. 4종류의 은닉 마르코프 모델은 입력 문자 영상에 대해 추출된 4종류의 방향 성분 벡터를 입력열로 받아 주어진 후보문자 모델들 $\lambda v, v=1, 2, \dots, V$ 와의 정합값을 계산한다. 이때 가장 높은 정합값을 갖는 모델로 입력 문자가 분류된다. 정합은 4종류의 은닉 마르코프 모델의 결합에 따라 각기 다른 확률 값을 갖게 되는데, 결합방법을 다음 세 가지로 구분하였다. 즉, 가중치 $w_i (i=1, 2, 3, 4)$ 의 값은 4종류의 은닉 마르코프 모델의 성능에 따라 적절히 설정된다. 패턴간의 분별력이 높은 은닉 마르코프 모델에 대해서는 보다 높은 가중치가 부여된다.

또한 동일한 가중치를 부여하는 방법은 각각의 은닉 마르코프 모델의 성능이 큰 차이가 보이지 않을 때 사용된다. 마지막으로 과반수 결정 원칙을 투표 방식으로 채택된다. 다수결 원칙에 의하여 결정을 하되 K개의 분류기 중 반 이상이 동일한 부류 S_j 로 인식 결과를 출력하였다면, 결합 분류기 $E(X)$ 는 입력 패턴 X에 대한 가장 유사한 부류로 부류

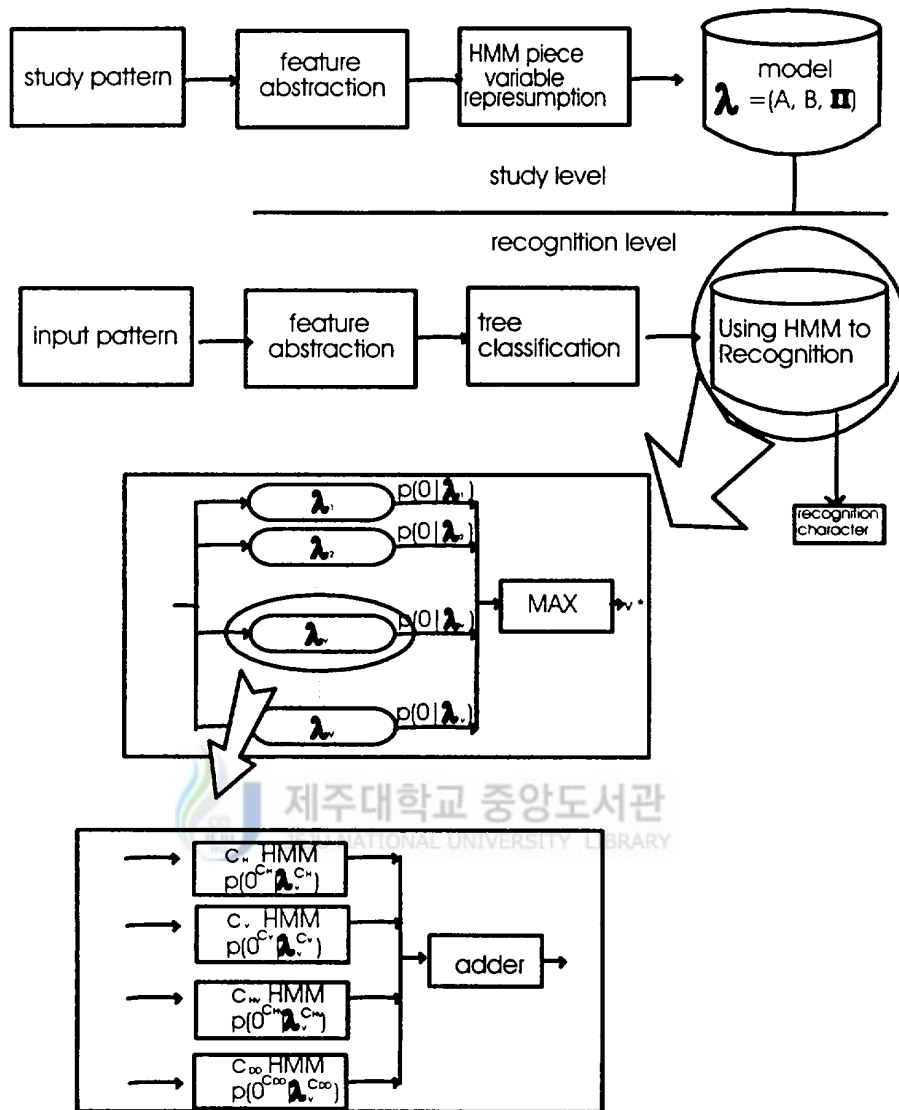


Fig. 3 Structure of hidden Markov model

S,를 결정하고, 그 외의 경우에는 기각을 시킨다. 그리고, 윤곽선에 대해 방향성분을 이용하여 4종류의 은닉 마르코프 모델을 학습단계에서 Fig. 3과 같이 결정 구성한다.

학습단계에서 구성된 4종류의 은닉 마르코프 모델들은 인식단계에서 결합되어 입력 문자 단계에 대한 최종적인 인식결과를 출력한다. 효율적인 인식 시스템 구성을 위하여 은닉 마르코프 모델의 매개변수에 몇가지 제약을 가함으로써 불필요한 매개변수의 추정을 피하고, 퍼지 트리 분류기를 이용하였다.

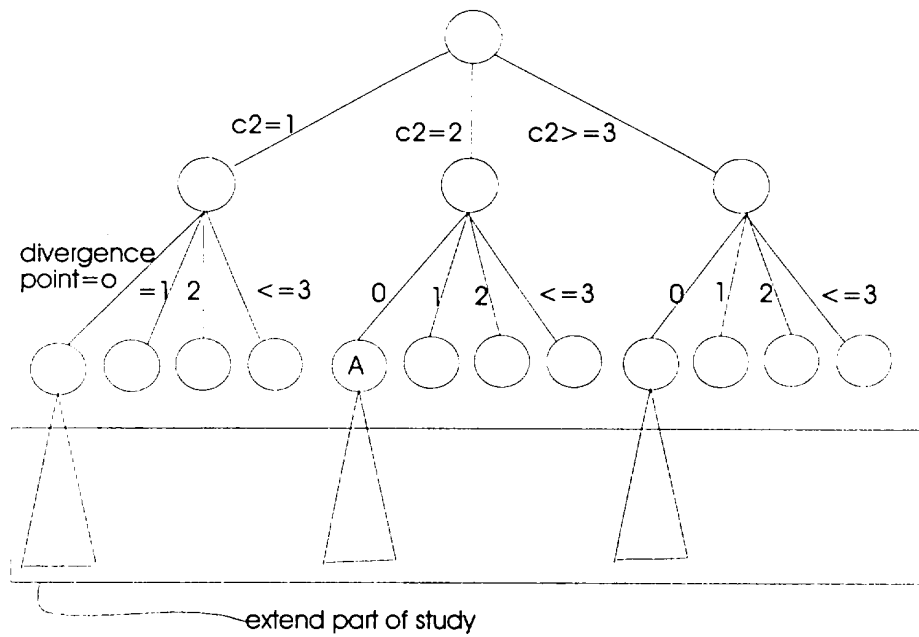
장점에서는 제안된 방법이 다양한 변형을 포함하고 있는 필기체 한글의 오프라인 인식에 유용함을 알 수 있다. 단점을 보면 영역 투영 윤곽선의 방향 성분만으로는 유사한 문자들간의 인식이 어려우므로 구별력이 필요하다.

2.3 구조적 특징을 이용한 인식

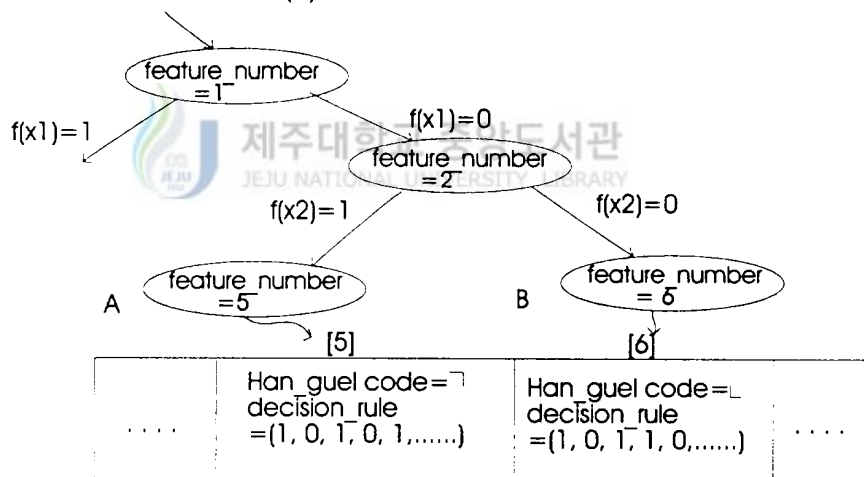
홍송렬(홍,1994)은 한글 문자의 구조적인 특징을 이용한 필기체 한글 인식 시스템의 알고리즘과 성능을 그대로 유지하면서 결정트리를 이용한 학습기능을 추가하여 한글 문자의 분류에 대하여 연구하였다. 우선 세션화 알고리즘의 영역 분리 단계에서는 한 글자를 나타내는 세션화된 문자 영상으로부터 연결 컴포넌트(component)를 찾아서 인식단계에 필요한 정보를 갖는 연결 컴포넌트 자료 구조를 생성한다. 영상을 읽어 가면서 검은 화소의 집합, 즉 라인 세그먼트는 이전과 비교되면서 하나의 영역으로 합쳐져야 되는지, 다음 영역이 새로 생성되는 것을 알게된다. 한글의 기본자소에 위치함으로써 초성, 중성, 종성을 파악한다. Fig. 4에서 처럼 입력된 한 문자에서 분류 또는 구별 될수있는 특징을 알아 낼 수 있다. 그러므로, 특징을 파악하여 분기점, 끝점의 갯수와 위치를 파악 할 수 있다. 다음과정에서는 자음인식과 학습에 있다. 특징에 관한 정보를 가지고있는 결정 트리를 이용하여 결정트리를 만들어 가는 과정이다.

즉, 결정트리의 내부 노드를 구성하는 특징은 결정 규칙으로부터 추출된다. 한글코드와 결정 규칙이 리프노드에서 비교 검색을 하는 것이다. 만약 다른 특징이 비교되면 새로운 자식노드로 판단하면서 인식문자가 판단된다.

이 연구는 한글문자의 구조적인 특징을 이용한 필기체 한글 인식 시스템의 알고리즘과 성능을 그대로 유지하면서 학습기능을 추가하여 한글문자를 분류할 수 있게 하여 기존 시스템의 성능을 가지면서 정형적으로 시스템을 확장할 수 있게 하는 장점과 더불어



(a) Initial structure of decision tree



(b) internal structure of decision tree

Fig. 4 Connection feature of decision tree

어 학습트리의 결정적인 node에 하는 방법에서 많은 한글의 표본집합과의 비교시 처리시간등이 많이 든다는 문제점이 있다.



III. 구조적 특징을 이용한 한글의 전처리

1. 한글의 구조적 특징 및 정형화 가능성

한글의 구조적인 특징을 이용한 인식연구에는 문자의 구성원리에 입각하여 자소나 자획등과 같은 문자를 구성하는 기본요소를 가진다. 즉, 정해진 문법에 따라 음소를 인식한다음 각 음소의 조합으로 데이터를 처리하는 구문론적인 방법과 획을 추출하여 입력문자의 획과 표준 패턴 획의 비교를 통해 거리를 계산하여 데이터를 처리하는 정합방법이 있다.

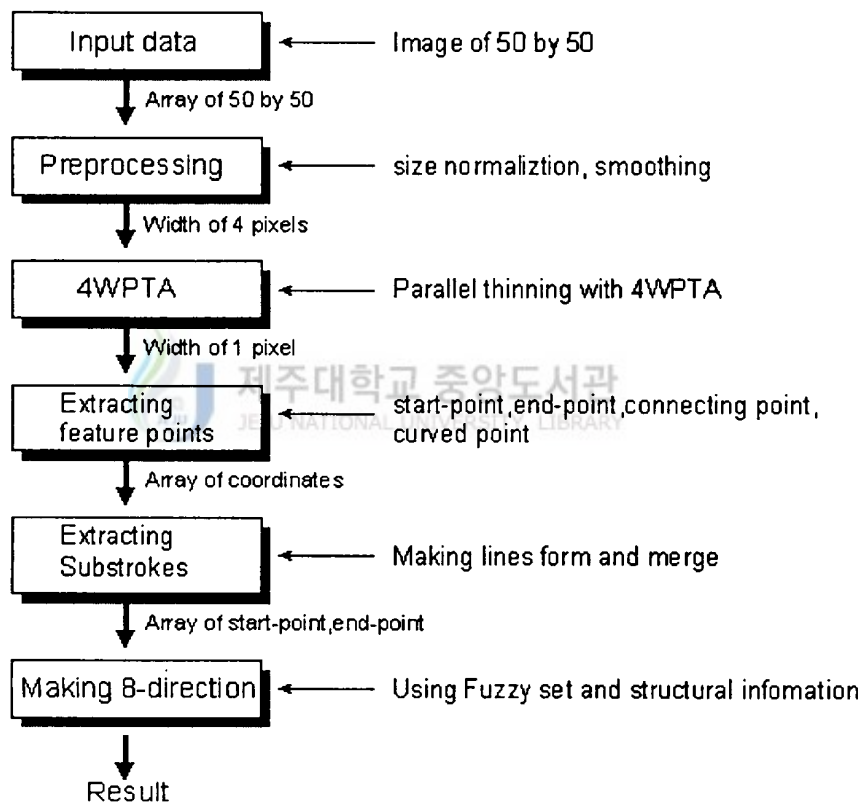


Fig 5. Recognition process

입력되는 문자들의 정보화를 위하여 획으로서의 하나의 정보를 구하는 것이다. 문자 인식에 있어서 입력문자 영상으로부터 획을 추출하는 방법은 크게 나누어서 세션화 단계를 거친 다음 획을 추출하는 방법과 세션화 단계를 거치지 않고 획을 추출하는 방법으로 나누어진다(김,1993).

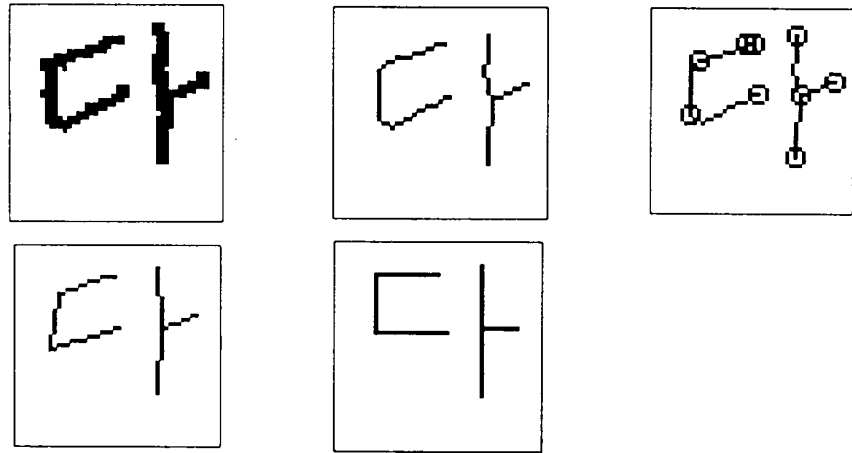
이와같이 구조적인 특징을 찾으므로 인한 필기데이터를 좀더 입력자의 의도에 가깝게 정형화된 가능성을 찾기 위하여 위의 두 가지 분류로 나누어지는 방법을 이용하여 지금까지 많은 연구들이 되어지고 있다. 위의 두 가지 분류에서 크게 다른 점에서는 세션화 단계를 거치는가에 따르는 점을 볼 수 있다.

세션화단계를 거치므로 인한 입력된 데이터에서 특징점을 찾게되고 찾은 특징점들 사이의 규칙을 구하여 획을 정하게 되는 것이다. 이런 작업을 함으로서 문자를 찾기 위하여 좀더 효율적인 작업을 할 수 있는 좋은 점을 구할 수 있지만 각각의 모든 입력된 데이터에 관하여 규칙을 구할 수밖에 없는 단점을 가지게된다. 세션화를 이루지 않고 특징점을 구하는 작업은 직접적으로 규칙을 적용하여 특징점을 구하게 되는 짧은 작업시간의 장점을 가지게 된다. 물론, 좀더 정확한 특징점을 구하는 방법에는 세션화 과정을 거쳐야 하는 것이다. Fig. 5 에서는 세션화를 이용하여 특징점을 구할 때 많은 데이터 처리 시간에 많은 관점을 두고 처리를 한다면 정형화 가능성은 더욱더 커지게 되는 것을 볼 수 있다.

2. 정형화 과정



이와같이 정형화과정의 장단점을 파악하여 좀더 가치 있는 문자인식을 위한 정보를 구할수 있도록 구조적인 방법을 응용한다. 입력데이터를 보면 굵은 굴곡점 또는 점열등으로 구성되어 있다. 이런 데이터를 1픽셀 두께의 선분화를 위해서 8방향의 규칙을 적용하여 각 픽셀에 관계성을 부여하고 다음 작업으로 큰 특징을 구하므로 인하여 정형화된 선분을 구하게 되는 것이다. 우선적으로 8방향의 규칙을 적용하게된 이유는 각 픽셀의 가장 근접한 관계를 가지게 되므로 인하여 데이터들이 세분화되고 또한 가장 효율적인 규칙을 구하게 되는 것이다. 각 데이터의 8방향으로 관계성을 시작점과 끝점으로서 한 자소의 위치와 두께와 점열등을 구별하게 되는 것이다. 예를들어 다음과 같은 Fig. 6 을 볼 수 있다.



(a)recognition point "다"



(b)recognition point "국"

Fig.6 The result of 8-directional regularization of "다","국"

좀더 자세하게 보면 시작점과 다른 점과 큰 차를 가지는 굴곡점을 파악한 뒤 한 직 선을 구할수 있게 되는 것이다. 점열의 성질을 가질때는 임계치를 주어서 근접할 때 한 자소 관계를 가질수 있게 한다. 이 관계를 가지므로 인하여 한 데이터의 정형화를 구할수 있다(김,1996).

3. 정형화 결과 및 평가

정형화 결과를 보면 입력장치의 불완전으로 인하여 오인식을 유발시키는 잡영이 생기고, 획이 약간 비뚤어지는 현상이 발생하였지만 평활화 과정과 4WPTA 병렬 세선화 알고리즘에 의하여 중심 골격이 1하소 두께로 추출됨으로 인하여 정형화를 이룰 수 있었다. 이처럼 필기자에 의한 필기에 의하여 변한 형태의 정보 상태를 보여준다. 화소만을 얻을 수 있음은 물론, 특징점 추출이 가능함으로써 상대적으로 획추출이 용이하다는 장점이 있다. Fig. 7은 필기 한글이 획의 집합으로 구성됨을 보여준다.

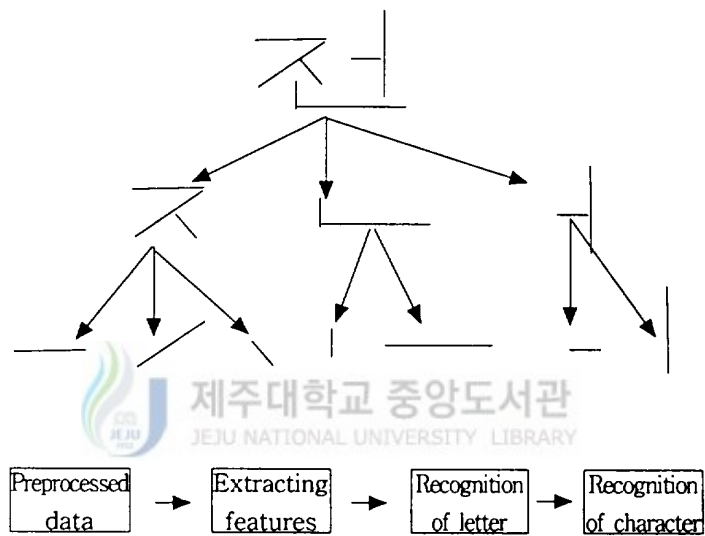
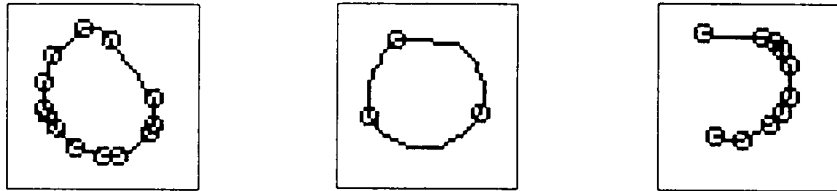


Fig.7 The recognition flow of structural character

이런 정형화에서 만약 여러 문자에서 'ㅇ'과 'ㅁ'에서 유사한 문자처리에 있어 처리되는 특징점을 파악하여 구분할수 있게한다. 즉, 'ㅇ'은 굴곡점이 많게되는 특징으로 인하여 'ㅇ'자인 경우는 Fig. 8 의 (b)처럼 너무 적은 특징값을 가진다면 'ㅇ'으로서 인식되기가 어렵다. 또한(c)처럼 단 2개의 직선이면 'ㄱ'을 표현 할수 있을 것 을, 너무 많은 특징값

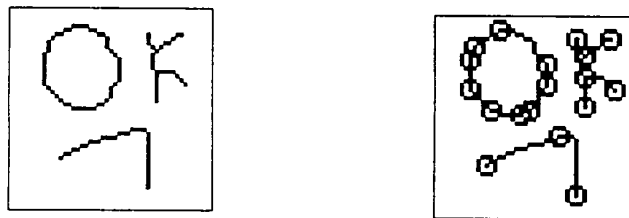
을 갖게되면 오히려 불필요한 처리횟수만 늘어나게 됨으로서 이를 적절히 조절해 주는 것이 필요하다. 이를 위하여 'o'에 대해서는 적당한 임계값을 가지게 함으로서 많은 특징점을 갖게하고, 이외의 경우에는 큰 임계값을 갖게 함으로서 정형화의 효율을 높인다.



(a) short distance with 'o' (b) long distance with 'o' (c) short distance with 'ㄱ'

Fig. 8 The result of extracting feature points with different distances

'o'에 대해서만 임계값을 작게 하기 위해서는, 시작점으로부터 9개의 점을 선택하여 아주 작은 임계값을 적용시키므로 초기부터 작은 임계값에 대해서 특징점을 찾지 못하는 경우는 점차 임계값을 크게 해주어야 한다. 그러므로, 'o'의 경우는 많은 특징점을 갖게 되고, 직선인 경우 적은 특징점을 갖게 된다. Fig. 9 는 이에 대한 예이다.



(a) input data (b) result of extracting feature

Fig. 9 Extracting feature points with 'o', 'ㄱ' and 'ㄱ'

<Table 1> 은 초성,중성,종성의 구분에 사용된 퍼지화 데이터이다.

<Table 1> Fuzzy set

퍼지화데이터	퍼지 값	각도	자소영역의 x/y 비율	접합점의 갯수	점합점의 위치
수직모음에 해당하며 수직방향의 획에 가깝다.	0	$ \theta > 45^\circ$	$x/y < \rho_1$		끝점에 아니다.
수직모음에 해당하며 수평방향의 획에 가깝다.	1	$ \theta < 45^\circ$	$x/y < \rho_1$		끝점이다
수평모음에 해당하며 수직방향의 획에 가깝다.	2	$ \theta > 45^\circ$	$x/y > \rho_2$		끝점이다
수평모음에 해당하며 수평방향의 획에 가깝다.	3	$ \theta < 45^\circ$	$x/y > \rho_2$		끝점이 아니다
'ㅌ','ㅋ'에 해당하며 수직획에 가깝다.	4	$ \theta > 67.5^\circ$	$\rho_1 < x/y < \rho_2$	1개	중심부위에 있다
'ㅌ','ㅋ'에 해당하며 수평획에 가깝다.	5	$ \theta < 22.5^\circ$	$\rho_1 < x/y < \rho_2$	1개	끝점이다
'ㅍ','ㅈ','ㅊ' 해당하며 '/'획에 가깝다.	6	$22.5^\circ < \theta < 67.5^\circ$	$\rho_1 < x/y < \rho_2$	1개	중심부위에 있다
'ㅍ','ㅈ','ㅊ'에 해당하며 '\'획에 가깝다.	7	$-67.5^\circ < \theta < -22.5^\circ$	$\rho_1 < x/y < \rho_2$	1개	끝점이다.
'ㅍ','ㅈ','ㅊ','ㅌ','ㅋ'에 해당하지 않으며 수직획에 가깝다.	8	$ \theta > 45^\circ$	$\rho_1 < x/y < \rho_2$	0개	없다.
'ㅍ','ㅈ','ㅊ','ㅌ','ㅋ'에 해당하지 않으며 수평획에 가깝다.	9	$ \theta < 45^\circ$	$\rho_1 < x/y < \rho_2$	0개	없다.
'ㅂ','ㅅ'밑 기타에 해당하며 수직획에 가깝다.	10	$ \theta > 67.5^\circ$	$\rho_1 < x/y < \rho_2$	2개 이상	
'ㅂ','ㅅ'밑 기타에 해당하며 수평획에 가깝다.	11	$ \theta < 22.5^\circ$	$\rho_1 < x/y < \rho_2$	2개 이상	
'/'획에 가깝다.	12	$22.5^\circ < \theta < 67.5^\circ$	$\rho_1 < x/y < \rho_2$	2개 이상	
'\'획에 가깝다.	13	$-67.5^\circ < \theta < -22.5^\circ$	$\rho_1 < x/y < \rho_2$	2개 이상	
'ㅇ'에 가깝다.	14	5개 이상의 방향코드를 갖는다.	$\rho_1 < x/y < \rho_2$	0개	없다.

이와같이 추출된 특징점들로 구성되는 확의 집합으로부터, 하나의 자소를 구성하는 배열의 값을 가지고 수직모음과 수평모음인가를 판단해내고, 하나의 자소의 영역 내에 접합점의 갯수에 따라 사선과 역사선 성분을 제거 할 수 있도록 퍼지테이타를<Table 1> 구성한다. 이렇게 데이타를 구성하므로 인하여 자음과 모음의 경우를 알게되므로서 초성, 중성, 종성을 판단한다.



IV. TRIE를 이용한 필기체 한글의 표현

Trie는 자료탐색을 위해 자료값을 직접 표현하지 않고 자료를 구성하는 문자의 순서로 자료값을 표현하는 n진 트리의 자료구조이다. Trie의 차수는 자료값을 표현하기 위해 사용하는 문자의 수, 즉 기수(radix)에 의해 결정된다. 연구의 전처리 과정에서 필기체 한글을 직선의 정형화된 데이터로 표현된다. 따라서 8진 트리를 구성하면 필기체 한글의 표현이 가능해진다.

1. 필기체 한글 표현을 이용한 Trie의 설계

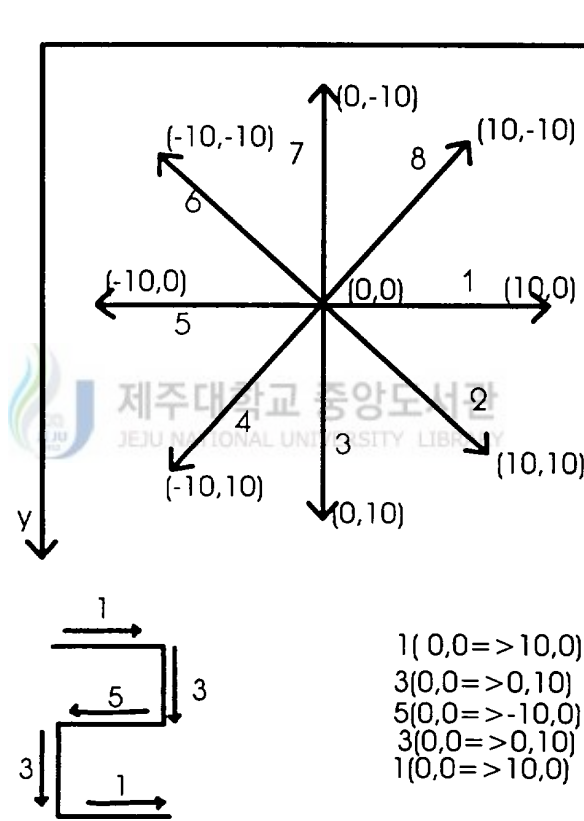


Fig 10. 8-Directional recognition code

정형화 과정을 거친후의 필기체 한글은 우선적으로 Fig. 10 과 같은 과정의 8-방향 데이터 전환 과정을 거친후 한 직선에 대한 방향값을 가진다. 정형화작업을 거친 후 데이터는 1차적인 좌표점으로 전환처리 된다. 즉, 한 직선의 시작점과 굴곡점, 그리고 마지막의 끝점으로 표현된다. 시작과 끝의 연결특성을 가지게 되므로 인하여 한 직선의 각 8방향의 정보로 판단한다. 다시 Trie 알고리즘을 실행하기 위하여 각 8방향을 가지는 직선의 정보는 직접적으로 마지막 인식 정보를 판단하기 위하여 하나의 주소로서 판단되는 것이다. 8방향을 판단하기 위하여 시작점을 기준점으로 시작하여 끝점의 위치를 파악하여 기준점(X,Y)이 각각 +X,Y 경우 1방향, +X,+Y 경우 2방향, X,+Y 경우 3방향, -X,+Y일 경우 4방향, -X,Y일 경우 5방향, -X,-Y일 경우 6방향, X,-Y일 경우 7방향, +X,-Y일 경우 8방향인 끝점으로 진행된다고 판단한다. 그러므로, 기준점은 8방향중 한 개의 방향을 가진 직선의 정보를 가진다.

2. Trie를 이용한 한글의 표현

선관계에 의한 특징처리하는 다른 여러 방법을 보면 문자의 형태를 조각별 선분으로 근사시켜 묘사하고 이러한 선분들의 위치, 길이 변형을 흡수할수 있도록 이완 정합 알고리즘 또는 동적 프로그래밍 정합 알고리즘을 적용하여 최적으로 대응하는 쌍을 찾아 정합한다(Yamad,1984). 이와같은 방법에서는 근사를 위한 매개변수를 결정하는 것이 매우 어려우며 또한 이러한 근사 과정은 문자의 형태 변형에 민감하는 것을 알수 있다. 다른 방법의 비선형 형태 정규화 방법이 있는데 입력패턴의 특징 측정을 수평축 또는 수직축으로 투영함으로써 특징 투영 히스토그램을 구하고, 구한 특징 투영 히스토그램의 밀도를 균일화 함으로써 문자 패턴의 획의 두께, 획사이의 간격 등을 정규화 하는 것을 목표로 한다(이,1993a). 그러나 이 방법은 수평축과 수직축으로 투영된 특징 투영 히스토그램의 밀도 정보만을 이용하여 정규화를 수행하기 때문에 문자패턴에서 발생할수 있는 국부적인 변형까지 흡수하는데 한계를 느낀다.

다른 방법들에서 반복과정은 n차 마르코프 모델에의하여 최대 사후의 확률을 구하는 것을 목적으로 하고 있다. 그렇지만 확률에 의하여 판단하여 존재를 불확실하게 검색하여 갈때의 수정율의 존재여부를 확신할 수가 없을 것이다. 이와같이 검색시간과 기억공간의 효율성이 서로 상반되는 것을 볼 수 있다.

이와같이, 한 데이터를 입력받았을 때 이미 입력되어 학습과정을 거쳐 확정되어 INDEX화 되어 있는 데이터에서 동일한 필기의 데이터학습정보가 있는 지를 찾는 짧은 검색시간을 가져야 한다. 탐색시간에 있어서 빠른시간을 가져야 하며 시간이 많이 흐를수

록 좀더 필기자의 의도에 가까운 문자정보에 가까이 접근하여야 한다는 점을 다시 한번 생각하면서 Trie 알고리즘 검색방법을 적용하여 보았다. 한 데이터를 보면 각 직선의 8 방향정보를 가질 때 한 자소는 n개의 직선으로서 이루어져 있다. Trie알고리즘에 따라서 첫 root는 8방향의 각 방을 가지는 것이다. 입력된 방향의 정보를 이미 정해진 방향

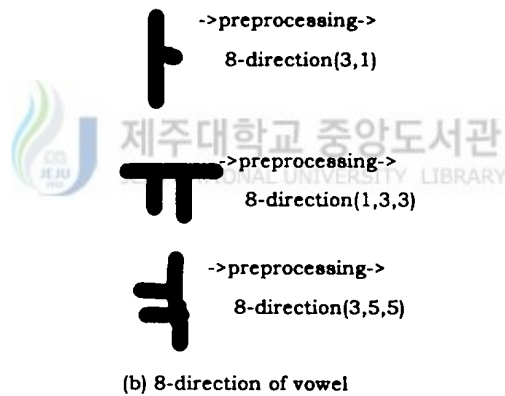
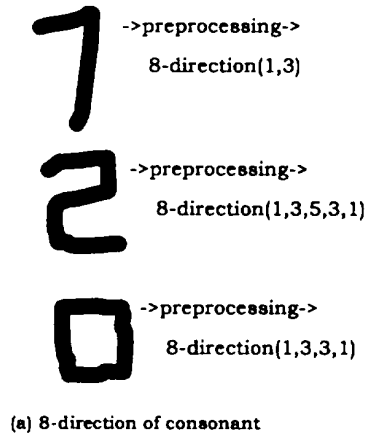


Fig. 11 8-direction of handwrittern character

의 순서에 맞추어서 방에 다른 LINK ADDRESS를 가지고 있는 지를 체크하게 된다. 만약, LINK ADDRESS가 없을 경우 앞에서 처리하여 파악되었던 LINK ADDRESS인 마

지막의 LINK ADDRESS를 가져오게 된다. 그렇지만, 이미 LINK ADDRESS가 입력되어 있을 경우 그 ADDRESS에 따라서 다음 레코드 ADDRESS를 따르게 된다. 이렇게 하므로서 각 입력된 데이터는 각 자기의 주소를 이미 정해져 있는 것을 알게되는 것이다. 그리고, 다른 구조적인 방법에서의 다른 방을 불필요하게 찾아가게 되는 시간이 없게 되는 것이다.

이런과정을 보아서 간단하게 Trie 과정을

$$Search(address) = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^8 x_j^i \right\} ,$$

n : 한 데이터의 다른방향의 직선의수,

i : 한 직선의 구분 방향값

으로서 표현할 수 있다.

Fig.12에서 보면 네 단계중 첫 번째 단계에서 한 레코드가 8개 포인트로서 이루어져 있다. 문자가 시작할 때 첫 데이터는 첫 직선 방향을 지적하게 되는 것이다.

데이터의 첫 값은 다른 7개의 다른 포인트의 방을 검색을 하지 않고 직접 루트노드의 방으로서 바로 선택하게 된다. 지적하게 되는 포인트의 그림의 8개방에서는 입력받은 데이터(Fig. 11)들의 자음(Fig. 12)의 Trie 알고리즘, 모음(Fig. 13)의 Trie 알고리즘으로 나누어져 표현되는 것을 보면 첫 직선방향에 의하여 1방향, 3방향의 방에 있는 값은 첫 시작 루트에 시작방향의 데이터의 특징인 값을 표현하게 되는 것이다. 각 다른 방에서는 다음 단계로 지적되는 한 레코드로서 단 한 개의 LINK ADDRESS를 나타낸다. 그러나, LINK ADDRESS를 지적하지 않은 비어있는 방으로서 있을 때에는 현 레코드에서부터 이번 데이터는 이전의 데이터와 비교시 같은 것이 없었다는 것을 판단하게 되는 것이다. 그림에서는 첫 단계에서는 1방향, 3방향에서의 포인트에서 데이터들이 시작되고 있다는 것을 나타내고 현 포인터가 있다는 것을 나타나게 되는 것이다. 다른 포인터가 말을 하는 것은 지금까지 다른 데이터가 처리되지 않았다는 것을 바로 판단하게 되는 것이다. 두 번째 단계에서 보면 첫 번째 단계에서 지적된 2개 포인터로 인하여 2개의 레코드가 성립되고 있다. 또 2개 포인터의 방에서 지적되는 ADDRESS 로 인하여 LINK되는 것이다. 지적되는 레코드의 속성은 첫 레코드의 지적하는 방의 포인트가 반드시 시작되는 포인트인 것을 알 수 있는 것이다.

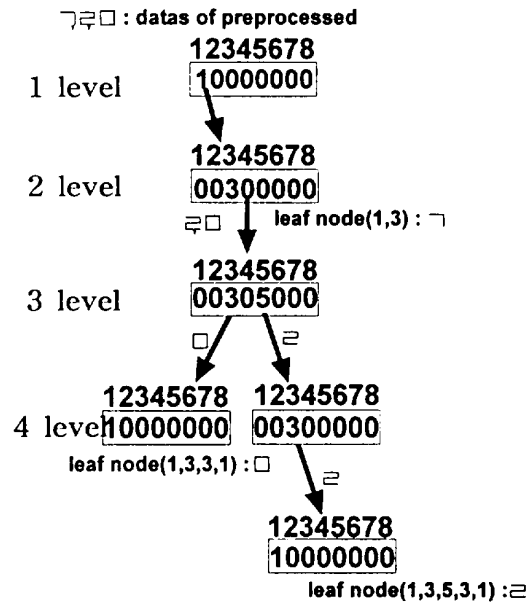


Fig. 12 8-direction data in Trie

즉, Fig. 12, Fig. 13 에서는 한 데이터의 2개의 포인트로서 시작되므로서 3, 1, 5인 포인트로서 이루어져있는 것을 판단할 수 있다. 3(“ㄱ”), 1(“ㅇ”) 등의 포인트 방향을 지적하므로서 마지막 leaf node로서의 레코드가 된다. 이렇게 이루어지는 마지막이 아닌 다른 레코드의 포인트에서 지적되는 방은 다시 세 번째 단계의 레코드의 ADDRESS를 LINK 할 수 있도록 지적된다. 다시 데이터의 세 번째 포인트들은 마지막으로 리프 노트(leaf node)를 지적하게 된다. Fig. 12, Fig. 13 에서의 세 번째 포인트들에서는 3, 5등의 포인트를 지적하게 된다. 세 번째 포인트들은 데이터를 완전히 구성하게 되는 마지막을 포인

트로서 선택하게 된다.

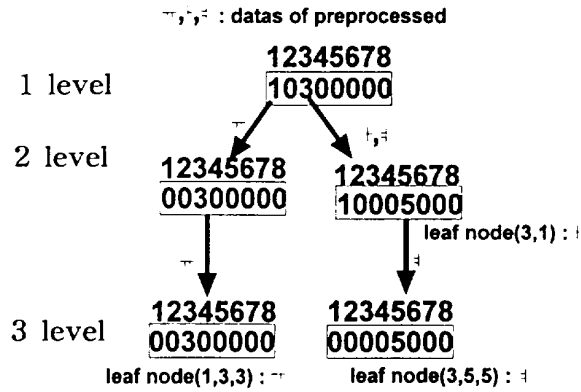


Fig.13 Trie representation of medial sound

즉, 133(“π”), 355(“η”) 등과 같이 리프노드를 결정하게 되는 것은 한 데이터의 포인트 수에 따라서 결정하게 된다. 이와같이 여러단계를 처리하여 1331(“口”), 13531(“ㄱ”)등이 마지막 leaf node에서 처리되듯이 필기에 의한 여러 데이터를 처리하게 되는 것이다.

만약, 삽입되는 포인트인 정보를 가지는 경우일 때 중간의 단계경우는 따로 다음레코드를 생성하게 되는 것이다. Fig. 14 처럼 생성되는 레코드일 경우 저장의 경우 순서적으로 레코드들이 저장장소에 순서적으로 마지막 장소에 저장된다. 물론, 이 레코드를 부르기 위하여 생성하게 만드는 포인트의 방에 LINK ADDRESS를 저장하게 된다. 이렇게 반드시 효율적으로 저장장소를 이용하는 경우를 볼 수 있다. 그리고, 마지막의 포인트가 아닌 경우 레코드를 생성하게 되면은 남은 포인트의 수 경우는 전부 새로 생성되는 레코드를 만들게 된다.

이와 같이 모든 데이터에 대한 처리시 제한적인 8방향의 병렬 수에 따라 직접적으로 leaf node를 찾아가게 되는 경우를 보게 되는 효율성을 볼 수 있다. 그리고, 저장상태 또한 반드시 읽어오는 데이터도 반드시 입력데이터와 연관되며 그러므로 인하여 속도

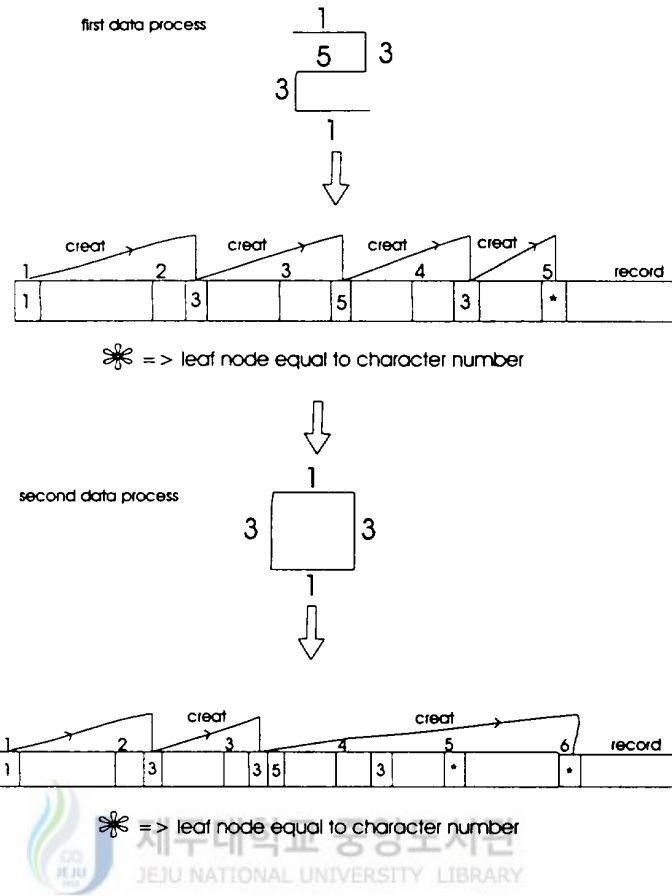


Fig. 14 Record creation of 8-directioned data

또한 필요시간을 쓰는 것을 볼 수 있는 것이다. 이렇게 많은 데이터의 비효율성과 많은 저장에 대한 나쁜 점을 직접 판단하여 수정하게 하도록 하였다.

3. 인식 알고리즘의 복잡도

결정된 데이터를 우선적으로 정형적처리를 한뒤에서 이루어지는 형태를 보면 시작점과 굴곡점의 한 직선을 나타내는 좌표점을 구하게 된다. 이좌표점에서는 시작점에서 끝점으로의 직선에서 한 방향을 구할 수 있다. 직선의 우선 탐색의 시작을 판단한다. 그리고, 다음의 모든 데이터의 우선 순위에 있어 반드시 정형화 처리시 동일하게 같은 순서

를 검색하여야 한다. 한 자소의 여러 굴곡점으로 인하여 여러 직선으로 인한 꺾인 직선의 방향을 정의할 수 있다. 그러므로, 각 point 들의 경로로 인하여 리프노드까지 갈수 있도록 가이드(guide) 역할을 하여 마지막 리프노드를 결정하게 한다. 마지막 굴곡 직선인 방향은 마지막 리프노드를 결정하게 되는 것이다. 앞의 과정에서 데이터를 처리하는 것을 보듯이 입력 데이터가 최대한의 비교하는 횟수를 보면 데이터가 가지는 직선수와 같음을 볼수 있다.

그리고, 이 방향의 꺾인점의 접합부분의 다른점에 의하여 다른 특징을 볼 수 있다. 즉, 다른 방향들의 굴곡점의 다른 특징으로 인하여 다른 문자를 이루어 진다. 즉, “○” 와 “□” 의 자소가 같은 방향을 가지는 경우를 볼수 있을 것이다. 단지 방향으로서 구별의 특징을 구할수 없는 문제가 있다는 것으로 보고 이처럼 문자들 굴곡점들의 특징을 판단하여 이런 같은 방향을 자지는 자소를 판별하게 한다.

이렇게 근 노드에서 시작할 때에는 전체 데이터의 방향 포인트가 시작하지만 마지막 직선 방향에 가까워질수록 목적레코드로 가게 되는 것이다. 그리고, 필요한 LINK ADDRESS에 따라서 저장 레코드를 판단하여 저장하게 다음 마지막인 LINK ADDRESS 를 판단하기 위하여 저장하게 한다.



V. 구현 및 평가

1. system 의 구성

본 연구에서는 입력장치는 5"×5" Graphic Tablet로서 입력 필기체 데이터를 구현된 Grey Level 0,1의 숫자값으로서 판단할수 있도록 전환한 뒤 데이터를 구할수 있게 된다. 입력장치는 ACECAT II인 펜 마우스, 연산장치를 보면 PC pentium 133Hz, OS는 DOS 6.2, Programming Language는 Turbo C 2.0로서 구현하였다.

2. Trie의 구성

입력되는 데이터의 구성도는 8방향으로서 이루어져 있다(Fig. 10). 직선화하기 위하여 필기된 입력 데이터는 정형화과정을 거치는 것이다. 이런 정형화 과정을 지나므로 인하여 직선화된 데이터를 볼 수 있다. 정형화된 데이터를 다시 초성, 중성, 종성 등으로 구분하게 된다. 즉, 자음으로 초성과 종성을 판단하게 되고 모음으로 인하여 중성을 알 수 있게 된다. 이렇게 구분된 데이터를 알게되므로 같은 방향의 판단을 쉽게할수 있도록 한다. 예를 들면 'ㄱ'과 'ㄴ'등의 유사한 방향을 판단할 때 처리하게 된다. 이렇게 구분한 다음 문자 인식과정인 Trie 알고리즘과정을 처리하게 되므로 인하여 문자를 판단하게된다. 인식과정을 자세히 보면 우선 직선화된 데이터를 8방향의 위치를 판단한다. 이유를 보면 한문의 많은 직선으로서 연결되어 있는 상태를 벗어나 단순화되어 있는 한글의 직선을 위하여 8방향으로 선택되며 한 기준점은 22.5° 의 다른 범위의 8개 방향의 직선으로서 360° 를 이루어 지게된다. 즉, 이렇게 적은 방향으로 선정하여 처리하는 이유를 보면 한자와 같은 많은 획수에 의한 문자일 경우 16방향의 여러 방향으로 인하여 8방향보다는 인식을 높일 수 있지만 반면에 방향값이 많아질수록 인식에 사용되는 데이터도 많아지며, 계산이 복잡해진다. 반면에, 한글의 특성인 직선에 가까운 문자처리를 많이 하고 있으므로 더욱 유리하게 처리된다. 앞 과정을 거친 한글문자 데이터의 8방향은 Trie 알고리즘의 각 레코드의 한 포인트를 선택하였다. Fig. 10 에서 보면 입력된 필기는 정형된 데이터를 받고 하나의 선으로서 이루어지고 또한, 직선으로 이루어진다.

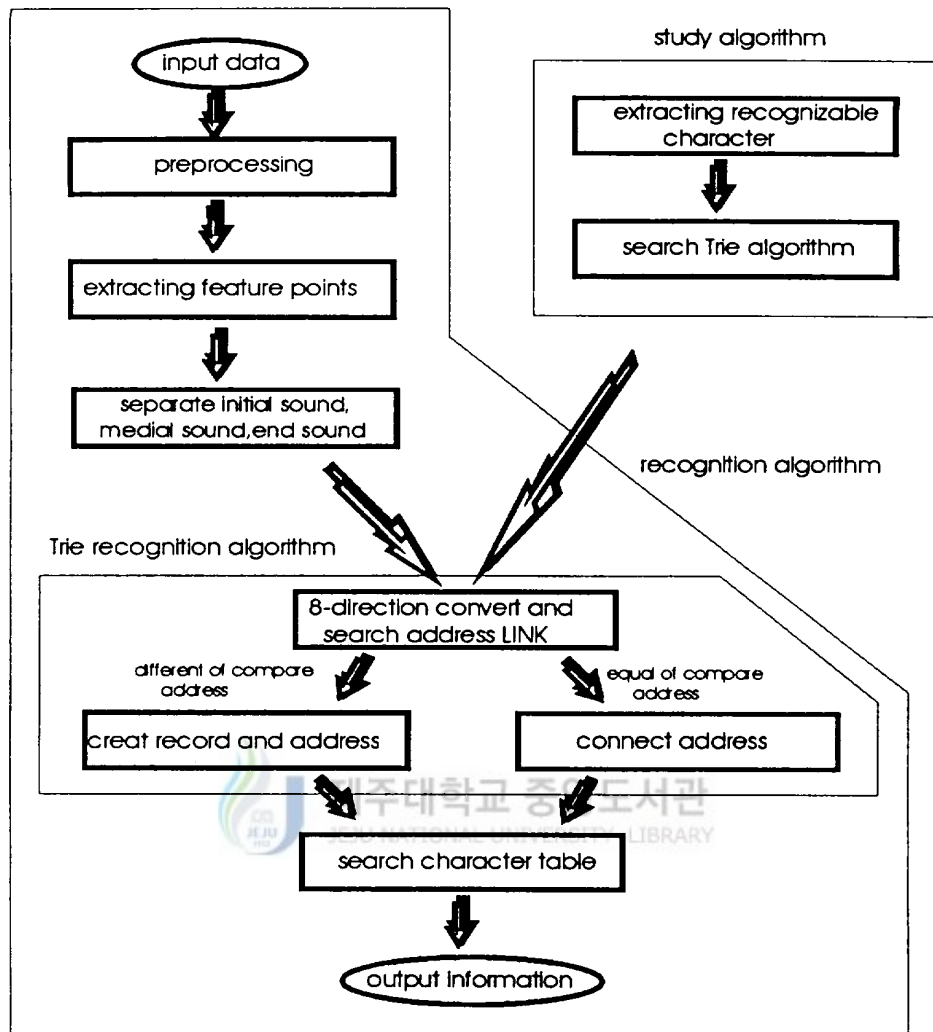


Fig. 15 Trie search algorithm

한 직선을 판단하여 시작점과 끝점으로 인하여 8방향이 이루어진다. 즉, 정형화 과정을 거친 다른 데이터들은 8방향으로서의 한 데이터의 특성으로 이루어진다. 굴곡점으로 인한 선분은 또다른 선분으로 이루어지고 데이터의 포인트들로서 이루어진다. 이렇게 만들어진 데이터의 포인트로서 Trie 탐색 알고리즘으로서 판단하게 되는데 8방향의 포인트

로서 판단할 때 다른 LINK ADDRESS를 찾지못할때는 지금부터 새로 이루어지는 레코드를 판단하며 저장하게 된다. 물론, 비어있는 포인트의 방에 새로 만들어 지는 레코드의 LINK ADDRESS가 저장한다. 이렇게 만들어지는 데이터의 정보들을 이용하여 초성, 중성, 종성의 한글 필기체의 성격으로 인하여 처리과정을 가지는 것이다.

3. 학습과정

먼저 전처리과정에서 초성, 중성의 자음과 중성의 모음을 판단하여 두 부분을 구분하는 과정과 특징점을 알고 있는 과정을 처리하게 된다.

그리고, 한직선의 방향을 판단하여 세 가지의 조건을 알고 있으므로 인하여 좀더 효율적인 한글 인식을 위한 학습과정을 가지게 될 것이다. 좀더 자세히 보면 <Table 2>와 같이 한글의 초성, 중성, 종성등 세 부분으로서 한 글자를 이루기 위하여 받침(중성)등을 판단하는 학습과정을 거쳐야 한다. 정형화한 뒤 한 직선의 방향을 구한 뒤 Trie 알고리즘으로서 이미 학습된 문자 정보와 검색판단을 한 뒤 다시 학습을 하여야 하는지 이미 학습되어 있는지를 판단한 뒤 정보를 구하게 된다. 인식된 문자 정보를 구할수 있게 된다.

<Table 2> 한글의 초성, 중성, 종성

집 합		문 자	합계
초성	단 자 음	ㄱ ㄴ ㄷ ㄹ ㅁ ㅂ ㅅ ㅇ ㅈ ㅊ ㅋ ㅌ ㅍ ㅎ	14
	복 자 음	ㄱ ㅋ ㅊ ㅊ ㅊ ㅊ	5
중성	단 모 음	ㅏ ㅑ ㅓ ㅕ ㅗ ㅛ ㅜ ㅠ ㅡ ㅣ	10
	복 모 음	ㅘ ㅙ ㅚ ㅜ ㅝ ㅞ ㅟ ㅠ ㅡ ㅢ	11
종성	단 자 음	ㄱ ㄴ ㄷ ㄹ ㅁ ㅂ ㅅ ㅇ ㅈ ㅊ ㅋ ㅌ ㅍ ㅎ	14
	복 자 음	ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅁ, ㅂ, ㅅ, ㅈ, ㅊ, ㅋ, ㅌ, ㅍ, ㅎ, ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅁ, ㅂ, ㅅ, ㅈ, ㅊ, ㅋ, ㅌ, ㅍ, ㅎ, ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅁ, ㅂ, ㅅ, ㅈ, ㅊ, ㅋ, ㅌ, ㅍ, ㅎ	13

정형화한뒤 한 직선의 방향을 구한 뒤 Trie 탐색 알고리즘으로서 이미 학습된 문자 정보와 검색판단을 한 뒤 다시 학습을 하여야 하는지 이미 학습되어 있는지를 판단한 뒤 정보를 구하게 된다. 인식된 문자 정보를 구할 수 있게 되는 것이다.

4. 인식실험

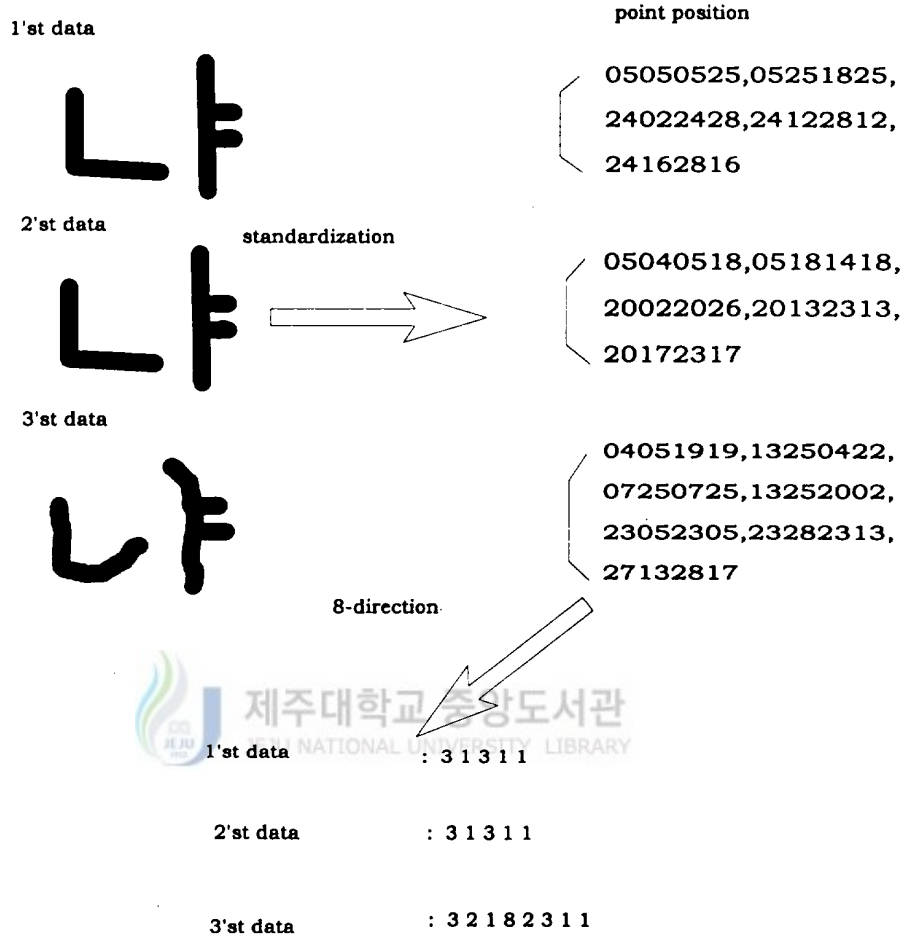


Fig. 16 8-direction of data

필기에 의하여 입력받은 데이터를 직선화된 데이터로서 정형화된 과정을 처리되어서 데이터의 시작점과 끝점의 정보를 보내오는 것을 알 수 있다. 위의 정형화과정을 지나면서 입력된 필기의 단순화 처리의 데이터과정을 처리하고 단순화된 정보를 데이터의 인식

처리 과정의 정보 검색을 처리하는 인식에 있어서 5가지의 과정으로 처리되었다.

- 1) 한 직선상의 끝점과 시작점과 특징점의 수를 검색한다.
- 2) 입력받은 데이터의 방향의 과정을 판단하여 8방향의 특징으로 전환한다(Fig 16).
- 3) 입력된 데이터의 전처리과정에서 처리한 특징점 수를 판단한다.
- 4) Trie 알고리즘을 실행할 때마다 처리하는 데이터를 판단하여 반복과정의 검색과정을 판단한다.
- 5) 한 자소과정을 처리할 때마다 레코드를 새로 생성되어야 하는가? 또한 앞과정에 이미 새로 생성되고있는가를 판단한다.

위의 5가지 과정에서는 가장 중요한 것을 보면 네 번째의 한 자소 과정을 처리할 때마다 레코드를 새로 생성되어야 하는가를 판단하여야 하는 것이다. 즉, 새로 생성되어야 하는 것인가, 앞에서 처리된 과정에서 새로 생성되어 처리되었는가를 판단하여 레코드를 새로 생성해야 하는가를 알면 처리하는 데이터를 지금까지 인식처리 하지않은 문자임을 알수있다. 앞 작업에서 새로 생성하는 레코드인 과정으로 인하여 다음의 작업에는 무조건 새로 레코드를 생성한다. 그러므로, 같은 데이터가 있지않은 점을 판단하고 필기자에 의한 새로운 필기체 데이터의 레코드가 저장되는 것을 판단한다. 반대로 같은 데이터가 반복된다는 것을 알게 된다.

그리고, 세 번째의 과정을 한번더 보아야 한다. 데이터들의 다른 특징의 차이를 판단하기 위하여 굴곡점의 수를 파악하는 것을 보면 판단할 수 있다. 즉, 같은 방향의 데이터들의 다른 차이점에서 다음 데이터의 특징점의 수를 보아서 판단하게 된다. 같은 방향을 가지는 자소들의 굴곡점은 직선성분이 아닌 'ㅇ'과 'ㅁ'과의 유사 방향을 판단할 수 있다.

5. 실험 평가

다음의 결과는 연속 필기를 인식 대상으로한 필기 인식 실험 결과이다. 필기 대상은 한글에 의한 대상으로 한다. 즉, 실험실에 있는 펜 마우스 또는 스캐너등을 이용하여 데이터들을 필기체 입력을 받아 많은 데이터를 처리하는데 필기 구성 비율은 한글어절 44

개로 하고 필기된 어절의 평균 길이는 필기자의 임의 변수 이다. Fig. 6는 필기된 데이터의 정형화된 형태를 보이는 것이다.

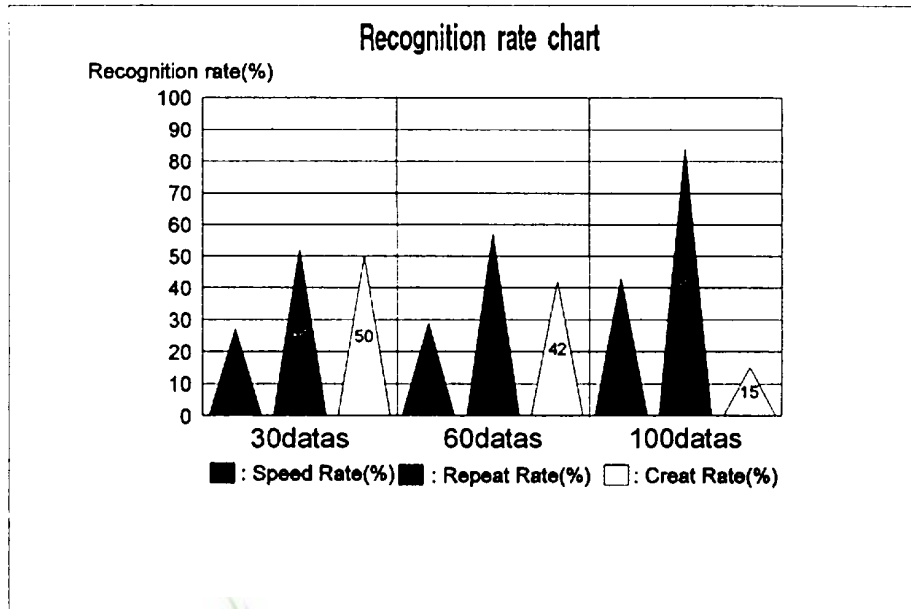


Fig.17 Recognition rate of Data

한글 필기체의 데이터에 대한 인식 실험결과를 보면 필기자의 많은 필기의 데이터에 따라 생성의 시간을 거치지 않는 점으로 보아 더욱더 좋은 것을 볼 수가 있다. 그리고, 입력된 데이터수가 많아질수록 레코드의 생성작업율이 작아지는 것을 알 수 있으며 반면에 이미 생성된 레코드의 반복율과 입력된 데이터에 대한 새로운 레코드의 생성작업 시간에 대한 판단을 한 좋은 인식시간을 측정할 수 있다(Fig.17). 이렇게 정인식률이 좋음을 볼 수 있으나 좀더 많은 필기자의 다른 형태의 한글 데이터에 대한 실험이 필요하다는 것을 느낀다.

VI. 결론

본 연구에서는 필기체 한글인식을 위한 내부 표현 수단으로서 Trie 인덱스 구조를 이용하였다. Trie 인덱스 구조는 인덱스 값의 기수(radix number)가 커지면 매우 복잡해질 가능성이 있기 때문에 이러한 문제점을 줄이기 위하여 필기체 한글의 전처리 단계에서 8방향 정형화를 수행하였다. 정형화의 결과는 한글 자체가 8방향의 요소로서만 표현되기 때문에 Trie 인덱스에 적합하게 된다. 연구결과 학습된 한글의 자소패턴이 저장된 Trie 인덱스는 매우 빠른 검색이 가능함을 보여주었다. 추후 더욱 연구가 필요한 부분은 다음과 같다. 인식의 성공률 정도는 전처리 과정상의 8-방향 정형화 결과에 상당히 의존적이 된다. 따라서, 한글의 구조적 특징이 잘 반영될 수 있도록 많은 전처리 과정의 연구가 필요하다. 같은 방향성분으로 구성된 서로 다른 패턴을 구분하기 위해서는 Trie구조에 좀더 연구가 필요하다. 본 연구에서는 자소 내 홀림만 허용한다고 가정하고 연구를 수행하였지만 글자간 홀림이나 다른 문자들 -숫자, 한자, 영문자등-이 혼합된 경우의 처리방법에 대한 연구도 필요하다.



참 고 문 헌

변영철, 1995, “도함수를 이용한 특징추출 및 온라인 문자인식”, 연세대학교 전산학과 석사학위 논문.

권오성, 권영빈, 1995, “스트링 정합방법을 기반한 온라인 자소 인식”, 한국정보과학회 논문지 제21권 제5호, pp.841~850.

권오성, 1996, “ 스트링 정합을 이용한 흘려쓴 한글 필기의 온라인 인식”, 중앙대 전자공학과 박사학위 논문.

이성환, 1994, “문자인식 이론과 실제”, 홍릉과학출판사, pp.41~129.

홍송렬, 김정국, 1994, “구조적 특징 추출에 의한 필기체 한글의 학습과 인식”, 제2회 문자인식 워크샵, pp.143~156.

신봉기, 김진형, 1994, “은닉 마르코프 모델을 이용한 흘려쓴 한글의 온라인 인식”, “문자인식 이론과 실제”, 홍릉과학출판사, pp.355~385.

이성환, 1993, “다양한 활자체 및 크기를 갖는 대용량 한글의 고속 인식을 위한 최적 트리 분류기”, 한국 정보과학회 논문지 제20권 제8호, pp.1083~1092.

유재룡, 김성훈, 김재희, 1994, “DTW를 사용하는 서명검증에 있어서의 학습방법에 관한 연구”, 제2회 문자인식 워크샵, pp.231~243.

황호정, 도정인, 권혁철, 1994, “한글 문자 인식을 위한 후처리의 개발과 속도 개선”, 제2회 문자인식 워크샵 pp.180~189.

박희선, 이성환, 1993, "은닉 마르코프 모델을 이용한 필기체 한글의 오프라인 인식", 한국정보과학회 논문지 제20권 제6호, pp890~902.

이양호, 1991, 화일처리론, 정익사.

김우성, 함영국, 박래홍, 1993, "Hidden MarKov Model을 이용한 인쇄체 한글의 유형 분류 및 인식", 제5회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 논문지, pp178~184.

김영민, 1996, "구조적 특징을 이용한 필기체 한글의 8방향 정형화", 제주대학교 정보공학과 석사학위 논문.

Patrick Shen-pei Wang, 1985, "A new character recognition scheme with lower ambiguity and higher recognizability", college of computer science, Northeastern University, Boston, MA 02115, USA.

J.T. Tou, R.C. Gonzalez, 1974, Pattern Recognition Principles, Addison-Wesley,
S. Mori, C. Y. Suen and K. Yamamoto, 1992, "Historical Review of OCR Research and Development", proceeding of the IEEE vol.80 No. 7, pp1029~1058.

KEH-JLANN CHEN, KUO-CHUN LI, YEOUNG-LONG CHANG, 1987, "A SYSTEM FOR ON-LINE RECOGNITION OF CHINESE CHARACTERS", 한국 과학 기술원 온라인 문자인식 논문집, pp309~318.

H. Yamade, 1984, "Contour DP Matching Method and Its Application to Handwritten Chinese Character Recognition", Proc. 7th Int. Conf. on pattern Recognition, montreal, pp.389~292.

Yung-Sheng Chen, 1996, "The Use of Hidden Deletable Pixel Detection to Obtain Bias-Reduced Skeletons in Parallel Thinning", IAPR, 13th International Conference on Pattern Recognition Volume II, IEEE, pp91~95.

Masaki Nakagawa, Katsuhiko Akiyama, Le Van Tu, 1996, "Robust and Highly Customizable Recognition of ON-Line Handwritten Japanese Characters", IAPR, 13th International Conference on Pattern Recognition Volume III, IEEE, pp269~273.



감사의 글

새들이 지저귀는 노래소리와 맑은 공기가 나에게 은천수가 되고 높고 넓은 하늘은 나의 캠퍼스가 되어 다시 회고의 붓을 들어 대학원 생활을 돌아볼 때 언제까지나 잊지 못할 나의 귀한 시기가 될것이라 ...

처음학교에 들어설 때 못다한 공부를 이번과정에서 꼭이루겠다는 다짐을 하며 들어섰는데 첫시간부터 여러관문에 부딪히는 많은 어려움을 옆에서 도움을 주어 무사히 도착하게 이끌어주신 여러분들께 정말 감사합니다. 우선 저의 많은 잘못된 점을 보고 자세히 고쳐주며 이끌어주신 이 상준 교수님의 가르침은혜를 잊지 않겠습니다. 그리고, 김 장형교수님, 안기중 교수님, 곽 호영 교수님, 변 상용 교수님, 많은 무지의 질문을 하나하나 가르쳐 주신 송 왕철 교수님에게 정말 감사드립니다. 그리고, 많은 조언과 자료를 주신 최 연성 교수님에게 감사할 드립니다.

시작이라 생각하며 첫기의 어려움을 서로 논하며 서로 도움의 시간을 지내고 먼저 졸업한 석환이형, 행진이형, 정희씨, 영호씨에게 고마움을 전합니다. 같이 학문의 길을 서로 논하며 바로 옆에서 도와준 영민씨에게 감사합니다. 지금 소원하고 준비하는 일에 예수님의 축복을 받기를 바랍니다. 이 논문의 데이터 준비를 해주며 도와준 든든해 보이는 재민에게도 감사를 전합니다. 그리고, 여러자료와 조언을 하여주신 변영철씨에게도 감사합니다. 열심히 전공 공부하고 있을 신준에게도 감사함을 전합니다. 또, 지금은 가족의 행복에 젖어 있는 영희누나, 역시 행복한 신혼생활을 하고 있는 창용이형, 유경씨, 경숙씨, 신숙씨에게 감사를 전합니다. 이번에 전공에 좀더 깊이 공부하러온 대학원생님들은 저보다 좀더 좋은 주제를 가

지고 논문을 발표하여 교수님에게 칭찬받기를 바랍니다. 병곤이의 이번시험이 마지막이 되는 축복이 되기 바란다. 마음속의 친구로서 믿을 수 있는 승희에게 감사를 전하며 빨리 회사의 실장으로써 너 꿈을 펼칠 수 있는 축복을 받기를 바란다. 물론, 졸업하는 대영이형에게도 졸업 축하하며 많은 도움에 대해 감사합니다. 나의 가족 소홀함의 모자람에도 아플적마다 쓰다듬어주며 옆에서 도와주던 금실이, 어머니의 처녀때 모습이라던 수연이, 우리나라 수영계를 휩쓸 재목을 위해 코치가 된 금이의 많은 도움에 감사합니다.

언제나 저를 걱정하시는 아버님과 먼곳에서 언제나 열심히 하라고 하시는 어머님에게 저의 이 작은 책을 바칩니다.

1997년. 6월. 어릴적 설날 때 좋은 바람을 맞으며.....

