

論文 90-27-11-14

# Fuzzy 推論을 이용한 온라인 筆記體 한글문자 認識에 관한 연구

## (A Study on an On-Line Handwritten Hangeul Character Recognition Using Fuzzy Inference)

崔 容 燁\*, 崔 甲 石\*\*

(Yong Yub Choi and Kap Seok Choi)

### 要 約

本 論文에서는 퍼지推論을 利用한 온라인 筆記體 한글文字의 認識에 關하여 研究하였다. 筆記者 마다의 筆體變動으로 인한 애매성을 解決하기 爲해, 各 스트로크間的 相對位置情報마다 作成되는 生成規則을 퍼지推論에 適用하여 筆記體 한글을 認識하였다.

處理시간을 短縮하기 爲하여, 入力文字의 스트로크 數에 따라 미리 分類한 基準文字의 小群을 선택하였고, 이 小群의 文字들과 入力文字와의 거리에 許容限界를 주어 基準文字들을 감소시켜 퍼지推論에 적용하였다.

10人으로부터 수집된 3990字의 筆記體 한글文字에 대하여 實驗한 結果, 99.5%의 認識率과 0.4초/文字의 平均處理 速度를 얻었다.

### Abstract

This paper studies on an on-line recognition of handwritten Hangeul characters using the fuzzy inference. To solve the ambiguity due to the variations of writing style by writers, these handwritten characters are recognized by means of the fuzzy inference on the production rule which is generated with every relative position information between strokes.

In order to reduce the processing time, a subgroup which is previously classified with the number of strokes of reference characters is selected according to the number of strokes of input character, and the tolerance limit of distances between input character and reference characters of a subgroup is introduced to reduce the reference characters which is applied to the fuzzy inference.

Experimental results for handwritten Hangeul characters 3990 by 10 writers show the recognition rate of 99.5% and the average processing time of 0.4 sec/character.

\*正會員, 湖西大學校 컴퓨터工學科  
(Dept. of Computer Eng., Hoseo Univ.)

\*\*正會員, 明知大學校 電子工學科  
(Dept. of Elec. Eng., Myongji Univ.)

接受日字: 1990年 7月 27日

### I. 序 論

현 사회가 고도의 情報化 時代로 進行되어 감에 따라 기계와의 인터페이스는 보다 重要하게 되었다. 특히, 많은 種類의 文字를 使用하고 있는 오늘날의

사회에서 컴퓨터의 演算速度 및 出力分野에서는 놀랄만한 수준에 도달 하였으나 文字의 認識은 오늘날 까지도 상당히 중요한 과제로 남아있다.

文字認識은 文字의 入力方式에 따라 오프라인 文字認識方法과 온라인 文字認識方法의 두가지로 나눌 수 있다. 여기서, 온라인 文字認識에 의한 入力方法에서는 文字를 직접 쓴다는 자연스러운 動作에 의하여 文字가 入力되므로 誤認識의 발견이나 수정을 즉석에서 행할 수 있는 특징이 있다. 이와같은 특징을 가진 入力장치로써 지금까지 발표되고 있는 온라인 筆記體 文字認識 알고리즘은 時空間上에서의 DP (dynamic-programming)매칭법과 構造解析法, 그리고 周波數 空間上에서의 特徵點抽出法으로 크게 분류할 수 있다.<sup>[1]</sup>

한글의 文字는 구성요소가 階層構造로 되어 있기 때문에 構造解析을 이용하는 것이 효과적이다<sup>[2][3]</sup> 각 스트로크와의 相對位置 관계를 나타내는 오퍼레이터를 非終端記號로하는 生成規則을 많이 사용하기 때문에 處理時間이 길어지는 短點<sup>[4]</sup>이 있으며 文字 스트로크 분리의 불안정성에 영향을 받지 않는 生成規則의 작성등이 주요과제로 남아있다.<sup>[5]</sup>

본 논문에서는 퍼지推論을 이용하여 온라인 筆記體 한글을 認識하였다. 여기서, 處理時間을 감소시키기 위하여 畫數와 筆順을 준수하는 제한조건 하에서 基準文字들을 미리 스트로크 數에 따라 小群(sub group)으로 분류하였으며, 文字가 入力되면 스트로크 數에 따라 小群을 선택하였다. 또한, 이 小群의 文字들과 入力文字의 거리에 허용한계를 주어 認識 과정에 사용될 基準文字를 대폭 감소시켰다. 그리고 認識과정에서 筆體의 변동에 따른 애매성을 해결하기 위하여 각 스트로크간의 相對位置情報마다 작성되는 生成規則을 퍼지推論에 적용하였다.

II. 前處理 및 特徵抽出

1. 前處理

文字는 타블렛상에서 펜의 움직임에 따른 일련의 좌표값으로 入力된다. 한 文字가 쓰여지는 타블렛의 영역은 150mm×150mm이며, 이 영역에서 쓰여진 文字는 X-Y 좌표값으로 변환한다. 펜다운(pen down)으로 부터 펜업(pen up)까지의 시계열 데이터 중에서 直前의 좌표점과 같은 位置의 點은 無示하고, 前後 두 좌표점이 서로 다른 점만을 샘플링 점으로 등록하고, 文字의 從軸과 構軸의 最長길이를 1에 대응하도록 伸縮하는 방법으로 正規化하였다.

2. 기본스트로크의 코딩

본 시스템에서는 한글文字 認識에 필요한 특정량으로서 스트로크의 始點, 屈曲點, 終點과 기본스트로크간의 相對位置情報를 취하였으며, 한글의 기본스트로크는 「○, ㄱ, ㄴ, /, |, \, -」의 7개를 선택하였다. 기본스트로크의 각 스트로크패턴에 대한 굵음의 정도에 따라 「○, 「ㄱ, ㄴ, 「/, |, \, -」으로 나누고 「ㄱ, ㄴ」는 스트로크의 굵음 방향에 따라 분리하며, 直線成分인 「/, |, \, -」는 스트로크의 기울기에 따라 분리하여 각각 코드화 하였다. 그림1에 한글文字를 구성하는 7가지 기본 스트로크와 그에 따른 각각의 코드를 나타내었다.

코드	스트로크
2	○
3	ㄱ
4	ㄴ
5	/
6	
7	\
8	-

그림 1. 기본 스트로크와 코드  
Fig. 1. Basic stroke and its code.

또한, 각 기본 스트로크를 분리하는 방법은 그 스트로크의 상대적인 굵음 정도를 基準으로 하였으며, 이 상대적인 굵음 정도를 表現해 주기위한 기호는 그림2와 같다. 즉, 타블렛상에서 펜다운이 되는 始點에서 부터 펜업이 되는 終點까지의 시계열 데이터 하나 하나의 스트로크로 정의하였을때, 그 始點과 終點을 각각  $P_d(X_d, Y_d), P_u(X_u, Y_u)$ 라 하고, 始點  $P_d$ 로 부터 終點  $P_u$ 를 잇는 직선을 L, 시계열로 이루어진 스트로크의 한 점에서 직선 L에 대한 법선의 최장길이를 h, 이때 스트로크의 길이는 S라 하였다. 이러한 스트로크의 상대적인 굵음 정도를  $h/S$ 라 할 때, 스트로크를 크게 3가지 형태인 「○, 「ㄱ, ㄴ, 「/, |, \, -」로 구분할 수 있다. 즉,

- $h/S > th_2$ 와  $L \leq th_3$ 일 경우 「○
- $th_1 < h/S \leq th_2$ 일 경우 「ㄱ, ㄴ
- $h/S \leq th_1$  일 경우 「/, |, \, -」

로 하였으며, 여기서  $th_1, th_2, th_3$ 는 任意的 臨界값으로서 實驗的으로 決定하여 使用하였다.

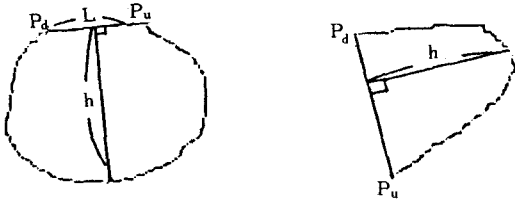


그림 2. 스트로크 형태의 분류  
Fig. 2. Classification of type stroke.

「ㄱ, ㄴ」의分離는,  $P_d$ 에서  $P_u$ 까지의 벡터를  $\vec{a}$ 라 하고,  $P_d$ 에서  $P_s$ 까지의 벡터를  $\vec{b}$ 라 할때,  $\vec{b}$  벡터가  $\vec{a}$  벡터의 어느쪽에 있는가에 따라 「ㄱ」, 「ㄴ」으로 분류된다. 그리고 「/, |, \, -」의 분리는 X-Y좌표계에서 始點  $P_d$ 를 중심으로하여 終點  $P_u$ 까지의 기울기를 나타내는  $\theta$ 에 따라

- $202.5^\circ \leq \theta_1 < 247.5^\circ$  일때 「/」
- $247.5^\circ \leq \theta_2 < 297.5^\circ$  일때 「|」
- $292.5^\circ \leq \theta_2 < 337.5^\circ$  일때 「\」
- $337.5^\circ \leq \theta_1 < 360^\circ$  or  $0 < \theta_1 \leq 22.5^\circ$  일 때 「-」

으로 分類하였다.

3. 相對位置에 따른 特徵 抽出

한글의 認識을 기본 스트로크의 코드들에 대한 구조해석에 의하여 수행할 경우 기본스트로크의 코드열이 동일한 文字인 「년」, 「년」, 「눈」등의 코드열은

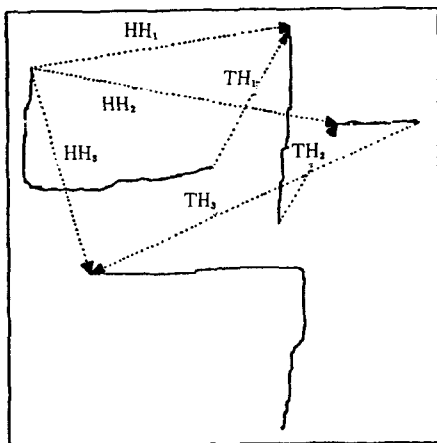


그림 3. 相對位置에 따른 特徵點  
Fig. 3. Feature point according to relative position.

(4, 8, 6, 4)으로 모두 동일하기 때문에 서로 혼동하여 誤認識하는 문제가 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 스트로크와 스트로크간의 相對的 位置關係<sup>[3]</sup>를 특징량으로 하였다. 한 文字를 이루는 N개의 스트로크들에 있어서 스트로크간의 相對的 位置關係를 表現해주기 위해 펜의 움직임을 나타내는  $HH_i (i=1, 2, \dots, N-1)$ 와  $TH_i (1, 2, \dots, n-1)$ 를 다음과 같이 정의하였다.  $HH_i$ 는 첫번째 스트로크  $S_1$ 의 始點에서 i번째 스트로크  $S_i$ 의 始點을 연결한 직선의 角度이며,  $TH_i$ 는 連接한 두개의 스트로크에 있어서 앞의 스트로크  $S_i$ 의 끝점에서 뒤의 스트로크  $S_{i+1}$  始點을 연결한 직선의 角度이다. 그림3에 「년」자를 例로들어 기본스트로크 코드 (4, 6, 8, 3) 및 相對位置情報  $HH_i$ 와  $TH_i$ 에 대해서 나타내었다. 여기서  $HH_i$ 의 모임을  $M_h = (HH_1, HH_2, \dots, HH_{N-1})$ ,  $TH_i$ 의 모임을  $M_t = (TH_1, TH_2, \dots, TH_{N-1})$ 이라 하였다.

III. 퍼지推論에 의한 한글 認識

1. 퍼지 表現<sup>[6,7]</sup>

전체집합 U에 대한 퍼지集合 A는, U의 각 요소  $\mu$ 가 A에 속한 정도를 나타내는 特性函數  $\mu_A$ (이것을 멤버쉽함수라 한다)에 의해 특성지워진  $\mu$ 의 集合이다. 여기서  $\mu_A$ 는  $\mu_A: U \rightarrow [0, 1]$ 로서, U의 각 요소  $\mu$ 에 0에서 1까지의 실수값으로 주어진다. 이것은 1965년 Zadeh에 의해 제안된 퍼지개념으로 確率的인 개념에서 완전히 탈피하는 것으로 대상에 대한 不確實함을 퍼지집합으로 表現하여 대상의 不確實性을 판단하는 것이다. 특히, 筆記에 있어서는 동일인이라 하더라도 언제나 같은 형의 文字를 쓰는 것이 아니라 정신적 또는 물리적 상황에 따라 형태가 다르게 나타난다. 즉 筆記의 變動을 일으키게 되는 것이다. 이러한 筆記의 變動分을 確率密度에 의해 취급하는 것은 비현실적이며, 그 變動에 대한 確率은 주관적인 개념만을 가지고 일반적인 개념과 조화시키기는 매우 어렵다고 할 수 있다.

따라서, 文字認識에 있어서 特徵으로 抽出되는 特徵量들이 文字를 나타내는 絶對적인 것은 아니며, 이 特徵量은 同一人이 같은 文字를 쓴다고 해도 그때마다 다르게 된다. 이러한 筆記時의 變動을 흡수하기 위해 구해진 相對位置情報를 不確實한 것으로 생각하고 퍼지화 데이터로서 表現된다. 즉, 相對位置情報인  $M_h$ 와  $M_t$  값이 不確實하다고 생각하고 不確實한 情報를 效果的으로 表現하기 위해서  $10^\circ$  等角度인 18방향의 코드화에 의해 구분되는 것을 표 1과 같이 18종류의 원소를 갖는 퍼지집합으로 대응시킨다. 따

로서 相對位置情報인  $M_n$  값과  $M_i$  값에 대해서 퍼지화 데이터와 퍼지값을 결정하는 것으로 한다.

표 1. 퍼지화 데이터  
Table 1. Fuzzified data.

퍼지와 데이터	퍼지값	상대위치정보
위쪽 방향 수직선 우측에 극히 가깝다.	0	90°~80°
위쪽 방향 수직선 우측에 상당히 가깝다.	1	80°~70°
위쪽 방향 수직선 우측에 비교적 가깝다.	2	70°~60°
위쪽 방향 수직선과 우측 방향 수평선 사이의 중앙위에 상당히 가깝다.	3	60°~50°
위쪽 방향 수직선과 우측 방향 수평선 사이의 중앙에 극히 가깝다.	4	50°~40°
위쪽 방향 수직선과 우측 방향 수평선 사이의 중앙아래에 상당히 가깝다.	5	40°~30°
우측 방향 수평선 위쪽에 비교적 가깝다.	6	30°~20°
우측 방향 수평선 위쪽에 상당히 가깝다.	7	20°~10°
우측 방향 수평선 위쪽에 극히 가깝다.	8	10°~ 0°
우측 방향 수평선 아래에 극히 가깝다.	9	0°~-10°
우측 방향 수평선 아래에 상당히 가깝다.	10	-10°~-20°
우측 방향 수평선 아래에 비교적 가깝다.	11	-20°~-30°
아래 방향 수직선과 우측 방향 수평선 사이의 중앙에 상당히 가깝다.	12	-30°~-40°
아래 방향 수직선과 우측 방향 수평선 사이의 중앙에 극히 가깝다.	13	-40°~-50°
아래 방향 수직선과 우측 방향 수평선 사이의 중앙 아래에 상당히 가깝다.	14	-50°~-60°
아래 방향 수직선 우측에 비교적 가깝다.	15	-60°~-70°
아래 방향 수직선 우측에 상당히 가깝다.	16	-70°~-80°
아래 방향 수직선 우측에 극히 가깝다.	17	-80°~-90°

2. 生成規則

生成規則은 前提에 따른 結論의 형태로서 IF 前提 then 結論으로 주어지며, 이 生成規則은 스트로크간의 각각의 相對位置情報로서 작성된다. 前提는 入力文字의 相對位置情報인  $M_n$ 와  $M_i$ 의 값을 퍼지화 데이터로 나타낸 것으로 基準文字는 각 相對位置情報가 퍼지화 데이터형태로서 基準文字에 등록되어 있다. 또 結論은 入力文字는 基準文字로 된다고 하는 것이다. 결국 入力文字에 대해서 認識을 할 때에는 基準文字部에서 基準文字의 퍼지화 데이터가 規則生成部로 읽혀 나오고 生成規則이 生成된다.

그림 3에 나타낸 文字「낙」을 基準文字로 했을 경우, 基準文字에서 얻어진 生成規則은 그림 4와 같다.

따라서 入力文字가 生成規則에 의해 규칙이 生成되면 그림 3과 같은 基準文字의 生成規則과 퍼지推論을 하여 認識이 이루어진다.

- 규칙 1.  $HH_1$ :우측방향 수평선 위쪽에 상당히 가깝다: 7  
 $HH_2$ :우측방향 수평선 아래에 상당히 가깝다: 10  
 $HH_3$ :아래방향 수직선 우측에 극히 가깝다: 17  
 이면, 문자「낙」이다.  
 규칙 2.  $TH_1$ :위쪽 방향 수직선 우측에 비교적 가깝다: 2  
 $TH_2$ :위쪽방향 수직선 우측에 비교적 가깝다: 2  
 $TH_3$ :우측방향 수평선 위쪽에 비교적 가깝다: 6  
 이면, 문자「낙」이다.

그림 4. 基準文字「낙」에 대한 生成規則

Fig. 4. Production rules for reference character 「낙」.

3. 퍼지 推論<sup>(8)</sup>

(1) 不確實性的 尺度

퍼지 集合에서는, 各 요소가 그의 집합에 속하는가, 속하지 않는가를 1이나 0으로 단정하지 않고, [0, 1]구간 사이의 값(멤버십-등급)을 할당함으로써 不確實함이 발생하게 된다. 이러한 퍼지 집합이 갖는 不確實함의 정도를 測定하는 尺度로서 Fuzzy entropy와 Shannon entropy, Hartley의 測定, Yager의 測定 등이 제안되었다.<sup>(9)</sup> Yager의 測定은 퍼지集合 A와 그의 보집합  $A^*$ 와의 關係로서 不確實성을 測定하는 것으로서 다음과 같다.

$$d_p(A) = 1 - D_p(A, A^*) / \hat{D}_p \quad (1)$$

여기서,  $P=1, 2, \dots$ 이고  $D_p(A, A^*)$ ,  $\hat{D}_p(A)$ 는 다음과 같이 나타낸다.

$$D_p(A, A^*) = \left[ \sum_{i=1}^n |\mu_A(X_i) - \mu_{A^*}(X_i)|^p \right]^{1/p} \quad (2)$$

$$\hat{D}_p = D_p(B, B^*) = n^{1/p} \quad (3)$$

여기서, 식 (3)의 B는 임의의 일반집합이다. 따라서,  $P=1$  혹은  $\infty$ 의 경우를 고려해보기 위해, 우선  $P=1$ 인 경우의  $d_p(A)$ 는

$$d_1(A) = 1 - \left( \sum_{i=1}^n |2\mu_A(X_i) - 1| \right) / n \quad (4)$$

이 된다. 식(4)을 각 요소  $X_i$ 에 대해서 보면,  $\mu_A(X_i) \geq 0.5$ 인 경우에는  $1 - |2\mu_A(X_i) - 1| = 2 - 2\mu_A(X_i)$ 가 되고,  $\mu_A(X_i) < 0.5$ 인 경우에는,  $1 - |2\mu_A(X_i) - 1| = 2\mu_A(X_i)$ 로 되어 그림 5와 같이 나타낼 수 있다.

또한  $P \rightarrow \infty$ 로 했을 경우의  $d_p(A)$ 는

$$d_p(A) = 1 - \left( \sum_{i=1}^n |2\mu_A(X_i) - 1|^{1/\infty} \right) / n^{1/\infty} = 1 - \text{Sup}_{i=1,2,\dots,n} |2\mu_A(X_i) - 1| \quad (5)$$

로 된다. 식(5)는 퍼지집합의 요소가 갖는 멤버십값(등급)의 절대치들중의 최대값을 나타내며 그 퍼지집합의 불확실성을 表現하고 있음을 의미한다. 文字認識에 있어서는 Yager의 測度가 認識率이 높으므로 본 논문에서는 不確實性을 나타내는 尺度로서 Yager의 測度를 이용하여 實驗하였다.

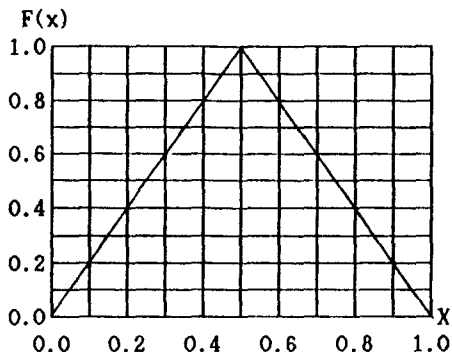


그림 5. 不確實性을 나타내는 Yager의 函數  
Fig. 5. Yager function that represented fuzziness.

(2) 퍼지 推論에 의한 確信度

入力文字가 基準文字에 어느정도 유사하게 되어 있는가를 판정하기 위해서는, 入力文字에 대한 生成規則의 前提가 可動되고, 入力文字의 퍼지화 데이터가 그 前提를 어느정도 만족하고 있는가를 계산하여야 한다. 즉 불확실한 데이터에 대한 確信度を 구해야 한다. 이 確信度 계산은 文字의 특징을 나타내는 각 특징량에 대해서 각각 행해져야한다. 確信度 계산을 위한 과정은 다음과 같다. 먼저 그림 3에 나타난 文字와 유사한 「낙」이 入力되었다고 할 때 이 文字에 있어서 生成規則을 거쳐 생성된 퍼지화 데이터는 그림 6과 같이된다.

규칙 1. HH <sub>1</sub> :우측방향 수평선 위쪽에 극히 가깝다: 8
HH <sub>2</sub> :우측방향 수평선 아래에 비교적 가깝다: 11
HH <sub>3</sub> :아래방향 수직선 우측에 극히 가깝다: 17
규칙 2. TH <sub>1</sub> :위쪽방향 수직선과 우측방향 수평선
사이의 중앙에 극히 가깝다: 4
TH <sub>2</sub> :위쪽방향 수직선 우측에 상당히 가깝다: 1
TH <sub>3</sub> :우측방향 수평선 위쪽에 상당히 가깝다: 7

그림 6. 入力文字 「낙」에 대한 퍼지화 데이터  
Fig. 6. Fuzzified data for input character 「낙」.

여기에서 基準文字가 갖고 있는 퍼지화 데이터와 入力文字가 갖고 있는 퍼지화 데이터를 비교하여 이 특징이 어느 정도 만족하고 있는가를 구한다.

그림 4인 基準文字의 生成規則에서 M<sub>n</sub> 및 M<sub>t</sub>에 대한 퍼지화 데이터에 의한 퍼지값은(7, 10, 17, 2, 2, 6)이며, 그림 6인 入力文字의 生成規則에서 M<sub>n</sub> 및 M<sub>t</sub>에 대한 퍼지화 데이터에 의한 퍼지값은(8, 11, 17, 4, 1, 7)이므로 이 특징 항목에서 두 특징이 어느정도 유사한가는 基準文字와 入力文字의 퍼지화 데이터의 멤버십함수로 비교하여 그중에 작은 값을 취하여 얻어진 멤버십의 중앙에서 최대인 값을 그 특징 항목의 確信度로 한다.

따라서 변환된 멤버십값들 중에서 먼저 규칙1에서의 HH<sub>1</sub>의 특징항목에 대한 確信度を 계산하면 그림 7(a)와 같이 基準文字의 퍼지값과 入力文字의 퍼지값을 멤버십함수로 나타낼 수 있으며, 각 퍼지값에 대해서 멤버십값이 작은 것을 얻으면 그림 7(b)와 같이 된다. 이것으로 부터 그림 7(b)의 중앙에서 최대의 멤버십값을 가지므로, 이 특징항목에 대한 確信度は 0.9가 된다. 이러한 방식에의해 HH<sub>2</sub>의 특징항목에 대한 確信度は 0.9로 되며 HH<sub>3</sub>의 특징항목에 대한 確信度は 1.0이다. 또한 규칙 2의 TH<sub>1</sub>, TH<sub>2</sub>, TH<sub>3</sub>의 確信度は 각각 0.8, 0.9, 0.9임을 알 수 있다. 그림 7에서는 퍼지값 X에대한 멤버십함수  $\mu_A(x)$ 를 나타내었다. 상대위치에 해당하는 퍼지값에 대한 멤버십함수의 값을 1.0으로 하였으며 이때의 멤버십값 1.0을 중심으로 해서 기울기가 각각 +2와 -2가 되도록 멤버십함수를 정하였다.

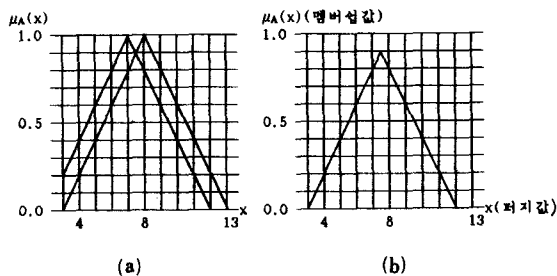


그림 7. HH<sub>1</sub>의 특징항목에 대한 確信度 계산例  
Fig. 7. Example of possibility calculation for HH<sub>1</sub> feature term.

따라서 確信度は 각 특징항목에 대하여 어느 정도 만족하고 있는가를 구한후에, 生成規則의 前提가 어느정도 만족하고 있는가를 구하는 것이다. 이것은 前提가 특징항목에 대해 論理積으로 되어 있으므로 前

提에 대한 確信度는 각 特徵項目에 대한 確信度에서 구할 수 있게 된다.

따라서, 퍼지推論에 있어서 結論을 어느정도 신뢰하면 좋은 가는 前提의 確信度로서 나타내는 것으로 한다.

이 결과 規則1, 規則2는 入力文字가 文字「낙」으로 된다고 하는 結論에 대해 0.9, 0.8로 그 確信度를 보인다. 이들 結論의 確信度에서 입력문자가 문자「낙」으로 된 것의 確信度を 계산하기 위하여 결론의 確信度を 算術平均하여 最終 確信度는 0.85을 얻는다. 이러한 방법에 의해 基準文字에 대한 入力文字의 最終 確信度を 계산하여 가장 確信도가 높은 基準文字를 入力文字에 대한 認識 결과로 한다.

IV. 實驗 및 結果

본 연구에서의 實驗은 그림 8의 처리 순서도에 따라 행하였다. 여기서, 온라인 文字를 入力하는 방법으로는 타블렛상의 150mm×150mm의 領域內에서 글자의 크기에 상관없이 스트로크 數를 遵守하여 筆記하도록 하였으며, 그 入力文字의 각 스트로크간의 相對位置 關係를 이용하기 위해서, 文字의 縱軸과 模軸의 最長長이를 1에 대응하도록 正規化 하였다.

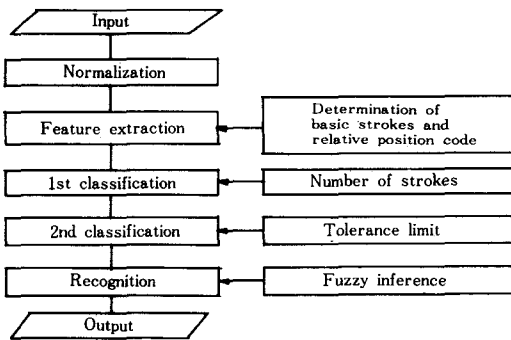


그림 8. 한글認識 처리 순서  
Fig. 8. Hangeul recognition procedure.

이와 같이 正規化된 入力文字의 각 스트로크는 3 點을 기초로 하여 한글을 구성하는 7개의 기본 스트로크로 코드화하였으며, 각 스트로크 사이의 相對位置情報은 퍼지개념에 대응시킬 特徵量으로 抽出하였다. 여기서 文字認識을 위해 참조하는 基準文字는 KSC-5601에 의해 表現될 수 있는 2350개의 文字로 하였다.

1차 분류 과정에서, 文字가 入力되면 스트로크 數에 따라 書數別로 분류해 놓은 基準文字의 小群을 검색함으로써 基準文字의 수를 감소시켰다. 또한 이 검색된 基準文字의 小群에 속해 있는 文字와 入力文字와의 거리 D는 다음과 같이 계산하였다.

$$D_j = \sum_{i=1}^n |a_i - b_{ij}| \quad (6)$$

여기서, n은 스트로크의 數, a<sub>i</sub>는 入力文字 i번째 스트로크의 코드, b<sub>ij</sub>는 j번째 基準文字의 i번째 스트로크의 코드이다.

식(6)을 이용하여 基準文字의 數를 더욱 감소시키는 방법으로, 두 文字사이의 거리 D에 대한 許容限界를 사용하였다. 이 許容限界는 이미 검색된 小群의 基準文字들 중에서 入力文字와 유사한 文字를 선택해 준다.

처리순서도의 마지막 과정인 認識과정에서는 許容限界에 의해 선택된 基準文字에 대하여 相對位置情報마다 작성되는 生成規則을 퍼지推論에 적용하므로써 온라인으로 入力되는 筆記體 한글文字를 認識하였다.

표 2. 許容誤差와의 關係  
Table 2. Relations of the tolerance limit.

區分 許容限界	0	1	2	3	4	단위
認識文字 減縮率	0.03	0.08	0.27	0.37	0.80	%
處理時間	0.1	0.26	0.3	0.4	2.52	sec
認識率	92.1	95.3	97.7	99.51	99.53	%

표 2는 거리의 許容限界를 0, 1, 2, 3, 4로 하였을때, 基準文字의 減縮率과 處理時間 및 認識率을 나타내었으며, 그림 9에는 許容限界를 변수로 한 認識率과 處理時間을 보이고 있다. 여기서 許容限界를 증가시키수록 認識率이 높아지고 있으나, 許容限界가 4 이상 일때는 處理時間이 급격히 느려진다. 이에따라 본 논문에서는 許容거리값을 3으로 택하였으며, 3990개의 筆記體 한글文字를 書數 및 筆順을 준수하도록 筆者에게 지시하여 온라인으로 入力한 한글의 認識實驗을 수행한 결과, 99.5%의 認識率을 얻었으며, 處理時間은 한 文字마다 평균 0.4초 걸렸다.

그림10에는 正認識된 筆記體 한글文字를 보이고 있으며, 그림11에는 誤認識 文字와 無示된 文字에 대한 예를 보이고 있다. 그림11에서 「박」은 「|」 스트로크를 「丿」스트로크로 잘못 코드화 하여 誤認識한 것이며, 「일」은 「|」와 「ㄹ」이 교차됨으로써 위치정보값이 크게 벗어남으로써 誤認識한 것이다. 또

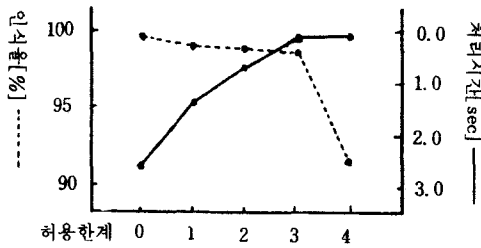


그림 9. 허용한계에 따른 인식율과 처리시간  
 Fig. 9. Recognition rate and processing time according to the tolerance limit.

한 「닐」은 「르」부분의 필기속도가 태블릿의 처리 속도보다 빠르기 때문에 스트로크의 샘플열이 많이 누락되어 無示된 경우이며, 「어」는 3개의 스트로크로 쓰여져야 하는 文字를 1개의 스트로크로 쓰여졌기 때문에 無示된 경우이다.



그림 10. 正認識된 文字의 例  
 Fig. 10. Examples of correct-recognized characters.

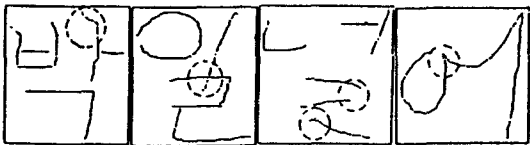


그림 11. 誤認識된 文字와 無示된 文字의 例  
 Fig. 11. Examples of ill-recognized characters and rejected characters.

V. 結 論

본 논문에서는 한글인식을 위한 基準文字를 완성형 한글 표준코드인 KSC-5601의 한글 2350자로 사용하였으며, 入力文字는 다양한 자형이 포함된 국민교육 현장의 399자를 선정하였다. 10인의 필기자가

入力文字를 각각 온라인으로 入力한 3990개의 文字에 대하여 筆記體 한글文字 認識실험을 수행하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 入力文字의 스트로크 數에 따라 미리 분류된 基準文字의 小群을 선택하였고, 이 小群의 文字들과 入力 文字와의 거리에 허용한계를 주어 基準文字들을 감소시킴으로서 한글 1文字당 0.4초의 평균처리 속도를 얻었다.
2. 文字의 각 스트로크 간의 相對位置情報마다 작성되는 生成規則을 퍼지推論에 적용함으로써 99.5%의 認識率을 얻었다.

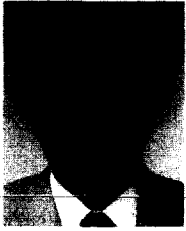
參 考 文 獻

- [1] 大森健兒, “ファジ-推論による實時間手書き漢字認識,” 信學論(D), vol. J72-D-II, no. 3, pp. 369-379, Mar. 1989.
- [2] 金太均 外, “屬性文法による走り書きハングルのオンライン認識,” 信學論(D), J68-D, no. 4, pp. 797-804.
- [3] 安居院 外, “多段翻譯によるオンラインハングルの認識,” 新학론(D), J68-D, No. 2, pp. 177-184, Feb. 1985.
- [4] 李義東, 金太均, “補強文脈自由文法을 利用한 筆記體 한글의 온라인 認識,” 大韓電子工學會, 第24卷, 第5號, pp. 769-776, 1987. 9.
- [5] 佐藤, 足立, “走る書き文字のオンライン認識,” 信學論(D), J68-D, no. 12, pp. 2116-2122, Dec. 1985.
- [6] J.R. Deller, “Set membership identification in digital signal processing,” *IEEE ASSP Magazine*, Oct. 1989.
- [7] L.A. Zadeh, “Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility,” *Fuzzy sets and systems*, vol. 1, pp. 3-28, 1979.
- [8] 大森健兒, “ファジイ推論によるオンライン手書き文字認識,” PRU89-29, pp. 369-379, 1989.
- [9] Mitsuru Ohkura et al., “「あいまいさ」の評価尺度を用いた手書き類似漢字の識別實驗,” PRU-89-13, pp. 95-102, 1989.
- [10] N. Weste and D.J. Burr, “Dynamic Time Warp Pattern Matching Using an Integrated Multiprocessing Array,” *IEEE Trans. Comput.*, vol. C-32, no. 8, pp. 731-744, Aug. 1983.

---

 著 者 紹 介
 

---

**崔 容 燁 (正會員)**

1950年 9月 20日生. 1979年 명지대학교 전자공학과 졸업. 1982年 동대학원 전자공학과 공학석사. 1990年 8月 동 대학원 전자공학과 박사과정 졸업(공학박사). 1987年 3月~현재 호서대학교 이공대학 컴퓨터공학과 조교수. 주관심분야는 Fuzzy 이론, 인공지능, 영상처리 등임.

**崔 甲 石 (正會員)**

1930年 9月 30日生. 1955年 9月 서울대학교 통신공학과 졸업. 1963年 3月 수도공과대학 교수. 1972年 3月~현재 명지대학교 교수. 주관심분야는 Fuzzy 이론, 데이터 신호처리 등임.