

순서정보에 의한 한글자획 온라인 인식을 위한 신경회로망에 관한 연구

正會員 金 吉 重* 正會員 崔 碩* 正會員 李 鍾 赫* 正會員 南 基 坤*
正會員 尹 台 焄* 正會員 金 在 昌* 正會員 朴 義 烈* 正會員 李 梁 成*

A Study on On-line Recognition of Korean Strokes with Sequential Information Using Neural Network

Gil Jung Kim*, Sug Choi*, Jong Hyeok Lee*, Ki Gon Nam*, Tae Hoon Yoon*, Jae Chang Kim*,
Ui Yul Park*, Yang Sung Lee* *Regular Members*

이 논문은 1991년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 대학부설연구소 지원 학술연구조성비에 의하여 연구되었음

要 約

본 연구에서는 한글자획을 온라인으로 인식하는 다층구조 신경회로망을 제안하였다. 입력되는 자획패턴에 대하여 전자펜의 현재 위치에 4×4 크기의 윈도우를 덧씌워 부분패턴으로 분리하고, 분리된 부분패턴내의 두드러진 특징을 추출한다. 이 특징들은 상층에서 취합되고, 취합된 자획특징은 추출된 특징의 통계적인 분포를 나타내며, 이 자획특징에 의해서 자획이 분류되어 인식된다. 본 연구에서는 처리할 정보량을 줄이고자 자획정보가 집중되어 있는 자획의 첫부분과 끝부분에서 자획특징을 추출하며 'ㄱ', 'ㄴ'과 같은 모서리특징을 갖는 자획은 첫부분과 끝부분에서 추출되는 자획특징간의 순서정보를 이용하였다. 제안된 자획인식시스템은 구조가 단순하고, 처리속도의 개선이 기대된다.

ABSTRACT

This paper proposes an on-line recognition system of Korean strokes using multi-layer neural network with tracing the stroke pattern. The system segments the stroke pattern into subpatterns, detects prominent stroke features in the subpatterns and integrates all the activation values of features in the related subpatterns. The activation values of the integrated stroke-specific features represent statistic characteristics of features and contributes for classifying the stroke pattern. Since the informations in Korean strokes are concentrated in the first and last parts of the strokes, the system extracts stroke-specific features in these parts attentively and infers corner features using the sequential information of the extracted stroke-specific features in the first and last part of strokes the system is relatively simple in structure and rapid in on-line recognition of hand-written Korean strokes.

*釜山大學校 電子工學科
Dept. of Electronics Eng. Pusan National Univ.
論文番號 : 92-137 (接受1992. 4. 24)

I. 서론

off-line 문자인식과는 달리 on-line 문자인식은 쓰여지는 획과 획간의 상대위치 및 시간상의 전후정보가 문자를 인식하기 위한 주요정보가 되고, 이들 정보를 어떻게 기술하는가에 따라 그 인식의 정도가 달라진다. 또, 필자에 따라 필순이 다르든지, 흘림체의 경우에는 획수의 변동이 인식의 문제점으로 대두된다. 필순변동은 쓰여지는 획의 인식을 기본으로 하여, 이들 획들의 서판상의 상대위치를 이용하여 흡수할 수 있고,^[1] 획수변동은 흘림체에서 획을 이어쓰거나 분리하여 쓸 때 나타나는데, 같은 필자의 경우에서도 그 패턴이 달라지므로 표준형을 설정하기 어렵다.^[2] 따라서 각 패턴을 표준문자사전에 등록하여 그에 대한 입력패턴과의 정합을 이용한다. 이 경우 표준문자사전에 등록하는 패턴의 수가 많아지고 인식에 필요한 처리시간이 길어지는 단점이 있다. 따라서 처리시간의 단축을 위하여 대분류를 먼저 행하여 후보문자수를 줄인 후에 상세식별을 행한다.^[3,4] 이에 반하여 확인식을 바탕으로 하여 획의 분리, 연결에 의해 획수변동을 흡수하는 방법이 연구되어지고 있다.^[3] 한편 패턴기술시에 항목수가 많아지면 유사패턴의 상이도를 판별하기가 어려워지므로, 패턴기술시에 항목수를 줄이는 것이 필요하며, 이를 위하여 계층적 인식방법이 선호된다.^[5,6] 특히 한글의 경우, 문자수가 많고, 문자를 구성하는 자소가 문자내의 상대위치에 따라 그 패턴이 다르므로 이들 모두를 표준문자사전에 등록하는 것은 그 양이 너무 방대하고, 또 자획의 수가 하나 정도 틀리는 유사문자가 많으므로 유사패턴의 상이도를 판별하기 위하여 항목수를 줄일 필요가 있다. 한글의 자소에 의한 2차원 배열의 구조를 갖고 있으며, 위치에 따라 자소의 종류가 자음 또는 모음으로 정해져 있으므로 자소단위의 소그룹 인식은 인식 카테고리의 수를 감소시키고 오분류의 가능성을 줄인다. 한글의 자소는 획수 1~4개로 구성되어 있으므로 필순변동이나 획수변동을 판별하기 쉬우므로 확인식을 기본으로 하여 자소인식, 문자인식 순의 계층구조 인식시스템이 한글인식에 적합하다고 본다.

흘림체의 경우는 쓰여지는 자획이 직선선분만으로 구성되지 않으므로 자획을 상세히 기술할 필요가 있지만 인간의 시각정보처리계에서는 문자식별에 유용한 특징들이 학습에 의하여 강조되어 추출되고, 문자를 쓸 경우에도 이 특징들에 의하여 문자의 대략의

모양이 정해진다고 볼 수 있다. 이들 특징들은 자획의 첫부분과 끝부분의 필기방향, 자획내의 모서리특징 및 자획간의 상호위치 등이다. 특히 흘림체에서도 자획의 첫부분과 끝부분의 필기방향은 보존된다.^[7] 따라서 본 논문에서는 자획인식을 위하여 자획의 첫부분과 끝부분의 필기방향과 탐색된 이들 방향간의 시간상의 전후관계를 이용하여 자획내의 모서리정보를 추출하여 한글자획을 인식하고자 하였다. 이는 자획의 대략적인 모양을 식별함으로써 흘림체 한글의 대분류와 흘림체가 아닌 경우에는 자획인식에 곧바로 적용가능할 것으로 보며, 흘림체의 상세식별은 앞의 연구^[10]가 적용될 수 있다.

문자 선분간의 관계에 의거하여 자종간의 상위도를 판별하는데 적당한 것으로 알려진 구조해석법은 문자의 고려되지 않은 변형에 약하고, 계산이 극도로 복잡하게 되는 경향이 있으므로 정합법을 다시 이용하고 있다.^[3,8] 동일문자의 패턴변동에 대한 적용학습^[9]과 예기치 않은 패턴변동에 대처하기 위하여 도입된 상위도의 통계적처리에 관한 연구^[2]가 행하여지고 있으나, 신경회로망모델은 입력패턴의 통계적 특성에 따라 적응 학습하고, 패턴정합에 의하여 인식이 행하여지므로 본 연구에서는 신경회로망모델을 이용하여 방향특징탐색 및 자획인식시스템을 구성하고자 하였다.

II. 한글자획인식모델

본 연구에서 적용한 신경회로망모델은 Masking field 모델^[11]이며, 이 모델은 입력패턴을 특정항목의 집합으로 보고 이들 항목들에 의해 반응하는 출력노드들을 목록노드라고 하며, 각 목록노드는 상호경쟁에 의하여 입력패턴에 최적의 정합을 하는 목록노드가 가장 큰 활성값을 갖게 된다. 이 활성값에 따라 학습이 행하여지므로 학습이 진행될수록 특정항목들에 대한 목록노드들의 감도는 적응되어 예민하게 조정되며 유사한 패턴을 식별하게 된다. 따라서 그림 1(a)와 같은 입력패턴의 항목수의 변화와 그림 1(b)와 같은 항목내의 문맥에 따른 감도는 입력패턴에 적용되어 조정된다. 또, 이 모델의 출력측 목록노드의 활성값은 단기기억으로 볼 수 있으며, 이 단기기억은 시간에 따라 감쇄되는 특성을 갖는다.

인간의 시각정보처리계에서는 입력패턴에 대하여 on-수용영역과 off-수용영역의 입력에 의하여 상호억제되어 대비증가를 이루어 특징탐색을 하고 있으

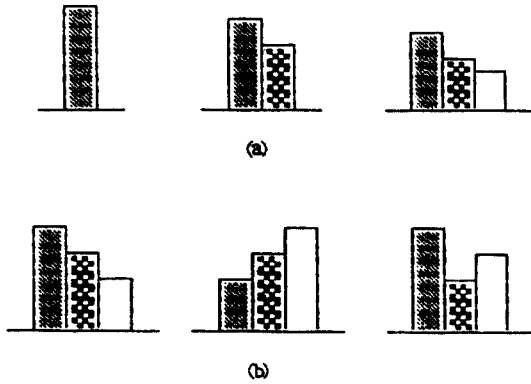


그림 1. 두 종류의 Masking field 감도특성
 (a) F1층의 항목노드수의 변화에 따른 감도변화
 (b) 동일 항목노드들의 활성값의 문맥에 따른 감도변화
 Fig. 1. Two types of Masking field sensitivity
 (a) Rescaling sensitivity to differentially as the F1 activity pattern expands through time.
 (b) Reacting differentially to different F1 activity patterns which activate the same set of F1 cells.

나,^[12] on-line 문자인식의 경우는 한정된 두께로 자획정보, 즉 화소가 입력되고 있으므로 자획의 두께가 한 화소가 아니더라도 이 자획에 내포된 방향특징을 탐색하여야 한다. 따라서 인간의 시각정보처리계에서와 같이 off-수용영역에 의해 그 활성화가 억제되어서는 안되므로, 그림 2와 같은 입력패턴에 대한 수

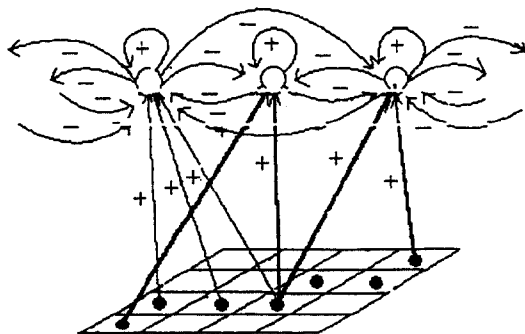


그림 2. Masking field 모델의 목록노드간의 상호억제작용과 자기정제환 및 각 목록노드에 대응하는 항목조합.
 Fig. 2. Negative feedback among the list nodes and positive feedback from a list node to itself and also item groupings to every list nodes in Masking field model.

용영역이 on-영역뿐인 Masking field 모델이 유용하고, 본 모델은 탐색되는 방향특징간의 대비증가는 각 방향 탐색노드, 즉 목록노드간의 활성값에 의한 상호경쟁을 통하여 이루어지게 한다. 입력패턴에 반응하는 목록노드들은 임의의 화소조합에 대하여 활성화되어 학습할 수 있으므로, 이론상 목록노드의 갯수는 무한 개가 되어야 하나, 본 연구에서는 방향특징 탐색의 목적에 부응하여 그림 2와 같이 특정의 화소조합, 즉 수용영역을 정의하였다. 방향특징별로 수용영역내의 항목갯수가 달라지나 갯수에 따라서 감도는 표준화된다.

한편, 인간의 시각정보처리계에서 대부분의 안구운동은 시각적 정보량이 많은 영역에 집중되어 있다. 이것은 주의집중(attention)에 의하여 특징을 추출한다고 볼 수 있다.^[13] 즉, 패턴인식 시스템에서 영상 정보가 있는 모든 부분을 일일이 검색할 필요가 없이, 정보가 집중되어 있는 부분의 특징정보만을 이용하여도 인식가능하다는 것이다. 한글의 경우, 대부분의 자획이 직선으로 구성되어 있고, 그 자획특징정보는 자획의 첫부분과 끝부분의 방향정보 및 자획내의 모서리 특징에 집중되어 있다고 볼 수 있으므로 본 연구에서는 자획의 첫부분과 끝부분의 방향특징을 탐색하고, 이 탐색된 방향특징간의 시간정보를 Masking field 모델의 시간적인 수동감쇄특성을 이용하여 코딩함으로 해서 “-”과 “-” 자획의 모서리특징을 식별하고, 자획을 인식하고자 하였다.

Making field 모델은

$$\frac{d}{dt} x_i = -Ax_i^{(j)} + (B - X_i^{(j)}) \left\{ \sum_{j \in I} I_j \left[\frac{1}{|J|} (1 - p_{U|}) + r_{ji}^{(j)} P_{U|} \right] z_{ji} + D |J| f(x_i^{(j)}) \right\} - F(X_i^{(j)} + C) \frac{\sum_{m,k} g(X_m^{(j)} |K| (1 + |K \cap J|))}{\sum_{m,k} |K| (1 + |K \cap J|)} \quad (1)$$

로 표현되며, 첫째항은 목록노드 {i}의 활성값 x_i 의 수동감쇄성분, 둘째항은 흥분성의 입력에 의한 증분을, 셋째항은 억제성의 입력에 의한 감소분을 나타내고, 이들 흥분성과 억제성의 입력에 의하여 본 모델은 자동이득제어의 특성을 갖는다. 또, 첫째항의 z_{ji} 는 항목노드 {i}로부터 목록노드 {j}로의 적응가중치이다. 둘째항은 I_j 는 항목노드 {j}의 출력이고, $x_i^{(j)}$ 는

항목조합 J에 대응하는 목록노드 {i}의 활성값이고, $f(x_i^{(j)})$ 는 목록노드 {i}의 출력값이며, 목록노드 {i}에 대한 흥분성의 정제된 입력이 된다. 셋째항의 $g(x_m^{(k)})$ 은 항목조합 K에 대응하는 목록노드 {m}의 출력값이고, |J|, |K|는 항목조합 J, K의 항목수이고, $|J \cap K|$ 는 항목조합 J, K의 공통되는 항목수를 나타낸다. |J|, |K|, $|J \cap K|$ 가 클수록 활성값의 흥분 혹은 억제에 미치는 영향은 커진다.

식 (1)의 두번째 항의 항목노드 I_j 와 적응가중치 Z_{ji} 의 곱은

$$\vec{I} \cdot \vec{Z}_i = IZ_i \cos\Theta \quad (2)$$

$$\text{단, } \vec{I} = \{I_1, I_2, I_3, \dots\}, \vec{Z}_i = \{Z_{1i}, Z_{2i}, Z_{3i}, \dots\}$$

와 같이 고쳐 쓸 수 있고, 이것은 두 벡터 사이의 각 Θ 가 최소일 때, 즉 두 벡터가 같으면 그 값은 최대가 되며, 이는 패턴정합의 측도가 된다. 대응하는 항목조합으로부터의 입력이 없을 경우, 식 (1)은

$$\frac{d}{dt} x_i = -Ax_i^{(j)} + (B - X_i^{(j)}) \left\{ D |J| f(x_i^{(j)}) \right\} - F(X_i^{(j)} + C) \frac{\sum_{m,K} g(X_m^{(j)}) |K| (1 + |K \cap J|)}{\sum_{m,K} |K| (1 + |K \cap J|)} \quad (3)$$

이 되어 흥분성의 둘째항의 값보다 수동감쇄의 첫째항과 억제성의 셋째항의 합이 더 커지게 되어, 시간에 따라 점차 감쇄하게 된다. 이는 시간적으로 먼저 탐색된 특징을 대표하는 목록노드의 활성값이 뒤에 탐색된 특징의 목록노드의 활성값보다 감쇄되어 작아지므로 시간상의 전후정보를 코딩하게 된다. 각 목록노드의 활성값은 sigmoid함수에 의해 출력값으로 변환되고, 이 출력값에 의하여

$$\frac{d}{dt} z_{ji}^{(j)} = \epsilon f(x_i^{(j)}) (-Z_{ji}^{(j)} + LI_j) \quad (4)$$

와 같이 적응학습하게 된다. 학습된 적응가중치는 식 (2)에 의해서 정합이 최대가 되는 자획을 식별하게 된다.

한글자획은 일반적으로 직선자획, 모서리자획, 및 'o'으로 정의하지만^[14], 홀림체에서 이어서 쓸 경우를 고려하여 자획의 종류를 더 정의하는 경우도 있다.^[15,16] 이어서 쓰인 자획의 인식은 본 연구의 목적

이 아니므로, 표 1과 같이 7가지 자획을 정의하여 직선자획, 모서리자획 및 연결자획으로 분류하였다. 직선자획 'l', '-', '/', '\ '와 연결자획 'o'은 자획인식을 위한 정보가 자획의 첫부분과 끝부분에 집중되며, 모서리자획 'ㄱ'과 'ㄴ'은 첫부분과 끝부분 및 모서리 부분에 정보가 집중된다. 따라서 자획인식에 있어서 나머지 부분은 과잉정보라고 할 수 있다.

표 1. 한글자획.

Table 1. Strokes of Korean character.

직 선 자 획				모서리 자획		연결자획
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	-	/	\	ㄱ	ㄴ	o

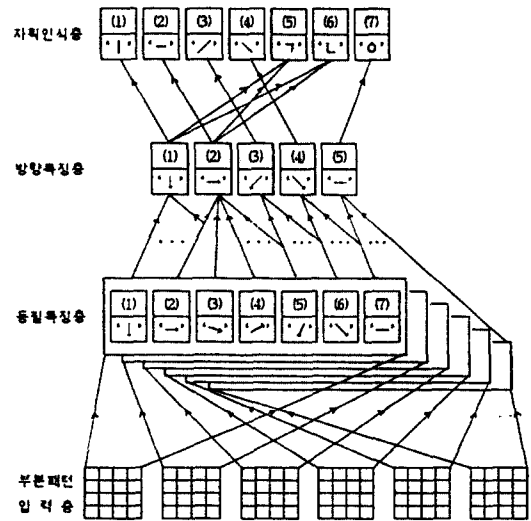


그림 3. 한글자획 인식모델

Fig. 3. Hangeul stroke recognition model.

입력은 화소값 '0'의 배경에 위치정보가 주어지는 연속적인 화소값 '1'의 화소로써 자획패턴을 형성한다. 입력패턴에서 자획의 두께는 중요한 인식정보가 되지 못하므로 1개의 화소폭으로 가정하여 처리를 단순화시켰다. 한글은 직선성분이 주요특징을 이루므로,^[17] 펜이 나아가는 4개의 방향에 대한 방향특징, '↓', '→', '↘', '↖'을 기본특징으로 하고, 모서리특징과 펜의 시작과 끝의 연결점특징을 자획인식을 위해 추출할 특징으로 하였다. 자획 'l', '-', '/', '\ '는 방향특징 '↓', '→', '↘', '↖'에 의해 인식되고, 'ㄱ', 'ㄴ'

은 '↓', '→'의 순서에 의해 인식되며 '○'은 연결점 특징 '→'에 의해 인식된다.

한글자획인식 신경회로망은 그림 3과 같이 부분패턴입력층, 동필특징층, 방향특징층 및 자획인식층으로 구성되며, 본 연구에서의 자획인식 처리과정은 다음과 같다.

1. 입력되는 자획패턴은 펜의 현재위치에서 4×4 윈도우를 설정하여 16개의 화소정보로 구성된 부분패턴으로 분리한다.
2. 자획의 시작과 끝의 두번째 부분패턴으로부터 각각 3개의 부분패턴을 분리하며, 이들 6개의 부분패턴들이 그림 3의 부분패턴입력층에 순서대로 입력되어 동필특징층으로 전달된다.
3. 동필특징층은 입력된 6개의 부분패턴에 대하여 6개의 클러스터로 구성되며, 각 클러스터는 7가지 동필특징에 대응하는 동필특징노드로 구성되고 비동기적으로 병렬처리하여 동필특징을 탐색한다.
4. 방향특징층은 5개의 특징노드로 구성되며 동필특징층에서 탐색된 동필특징을 종합하여 4가지 방향특징과 하나의 연결특징으로 분류한다.
5. 자획인식층은 방향특징층에서 입력되는 방향특징과 방향특징간의 순서정보에 의하여 모서리특징을 식별하고 자획을 분류한다.

II.1. 동필특징층

동필특징추출은 자획패턴의 방향, 모서리 및 연결점 특징들을 추출하는데 필요한 동필특징정보를 찾아내는 과정이다. 동필특징은 자획의 방향 정보와 연

결정보를 추출하기 위하여 표 II에 나타난 것과 같은 7가지 특징형태를 정의하였다.

표 II. 동필특징.

Table II. Writing features

특징 형태	방 향 특 징						연결 특징
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
동필 특징	↓	→	→	↗	↘	↘	→

여기서, 표 II(a)는 수직방향 '↓', 표 II(b)-(d)는 수평방향 '→', 그리고 표 II(e)와 (f)는 각각 대각선 방향 '↘'와 '↘'에 대한 동필특징이며, 표 II(g)는 연결특징이다.

동필특징층은 부분패턴 분리과정에서 분리된 자획패턴의 부분패턴을 입력으로 하며, 입력된 부분패턴에서 이러한 동필특징을 추출한다. 동필특징층은 순서대로 입력된 각각의 부분패턴에 대해서 하나의 클러스터로 형성되며, 각 클러스터는 표 II에 나타난 동필특징에 대응되는 7개의 특징노드, 즉 목록노드로 구성된다. 6개의 부분패턴에 대응하는 각 클러스터들은 동일한 특성을 가지며, 클러스터와 클러스터 사이의 동일한 특징 노드들은 상호협조하고, 클러스터내의 각 특징노드들은 상호경쟁하면서 활성화된다. 클러스터내의 한 특징노드가 특정한 동필특징에 반응하기 위해서 각 특징노드는 부분패턴내의 특정한 화소정보들을 수용하여야 하며, 각 노드점과 연결될 특정한 호소조합, 즉 항목노드의 조합을 수용영역이라

표 III. 동필특징노드의 수용영역.

Table III. Receptive fields of writing-feature-nodes.

× : 수용영역의 원소

동필특징층	동필특징층	부 분 패 턴 입 력 층 의 화 소 점															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
(1)	'↓'			×				×				×					
(2)	'→'									×	×	×					
(3)	'→'					×						×					
(4)	'↗'											×		×			
(5)	'↘'				×			×	×			×					
(6)	'↘'	×					×					×					
(7)	'→'										×	×	×				

한다. 수용영역은 방향 및 연결특징에 따라 결정되며, 각 동필특징에 대응되는 동필특징층의 수용영역은 표 III에 나타내었다. 각 클러스터의 노드는 연관된 수용영역의 입력화소에 반응하며, 그에 따른 활성전위의 크기는 그 클러스터와 연관된 부분패턴내에 존재하는 특정한 동필특징의 정보량에 의존한다. 부분패턴내에 존재하는 동필특징정보는 각 수용영역에 대한 입력화소의 값이다.

표 IV. 방향특징층의 특징노드의 수용영역.

Table IV. Receptive fields of feature-nodes in direction feature layer.

× : 수용영역의 원소

방 향 특징층	방 향 특 징	동필특징층의 클러스터						
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
		'↓'	'→'	'↘'	'↙'	'↗'	'↖'	'↔'
(1)	'↓'	×						
(2)	'→'		×	×	×			
(3)	'↘'					×		
(4)	'↙'						×	
(5)	'↗'						×	

II.2. 방향특징층

방향특징층은 동필특징층에서 추출된 각 클러스터내의 동필특징을 취합하여 4가지 방향특징 '↓', '→', '↘', '↙'와 하나의 연결특징 '↔'으로 분류한다. 입력층의 항목노드는 동필특징층의 각 클러스터내의 특징 노드들이 되고, 출력층, 즉 방향특징층의 목록노드는 4가지 방향특징과 하나의 연결특징을 대표하는 특징노드들이 된다. 방향특징층의 각 목록 노드들은 동필특징층의 각 클러스터내의 특정 특징노드들과의 조합, 즉 수용영역에 따라 부분연결된다. 부분연결될 각 목록노드의 수용영역은 표 IV에 나타내었다.

II.3. 자획인식층

자획인식층은 방향특징층에서 집적된 4가지 방향특징과 하나의 연결특징을 취합하여 표 I에 정의한 7가지 자획으로 분류하는 층으로 각 노드는 하나의 자획에 대응된다. 자획 'ㄱ'과 'ㄴ'에 대응하는 자획노드는 방향특징층의 수직방향특징 '↓'와 수평방향특징 '→'에 대응하는 특징 노드와 연결되며, 두 방향특징노드의 활성전위에 의해 코딩된 순서정보에 따라 두

개의 자획노드 'ㄱ'과 'ㄴ' 중의 하나가 선택된다. 자획인식층의 항목노드들은 방향특징층의 각 특징노드가 되며, 목록노드는 표 I의 각 자획에 대응하는 자획노드가 된다. 자획 인식층의 각 자획노드들은 방향특징층의 특징노드들과 수용영역에 의해 부분연결되며, 부분연결될 각 자획노드의 수용영역을 표 V에 나타내었다.

표 V. 자획 인식층에서의 자획노드의 수용영역.

Table V. Receptive fields of stroke-nodes in stroke recognition layer.

자획인식층	한글자획	방향특징층				
		(1)	(2)	(5)	(6)	(7)
		'↓'	'→'	'↘'	'↙'	'↔'
(1)	' '	×				
(2)	'-'		×			
(3)	'/'			×		
(4)	'\'				×	
(5)	'ㄱ'	×	×			
(6)	'ㄴ'	×	×			
(7)	'ㅇ'					×

III. 시뮬레이션 및 검토

식 (1)의 계수 B, C는 활성전위값의 상, 하한값을 나타내며, 본 연구에서는 이들 값을 각각 '1'로 하였으므로, 활성전위값은 '-1'에서 '1'사이의 값을 가지며, 활성전위값이 큰 노드점일수록, 그 노드점이 대표하는 정보가 많이 내포되어 있음을 나타낸다.

그림 4는 한글자획 인식시스템을 시험하기 위한 2진 입력패턴으로 16×16으로 구성하였다. 그림 4의 입력패턴은 부분패턴 분리과정을 통하여 부분패턴으로 분리된다. 이때 자획을 구성하는 각 화소점에 대하여 하나의 부분패턴을 형성하며, 총 20개의 부분패턴이 구성된다. 분리된 20개의 부분패턴들 중에서 처음과 마지막으로부터 두번째부터의 3개의 부분패턴들이 인식모델의 입력층에 입력된다. 그림 5은 입력층에 입력될 6개의 부분패턴을 나타낸 것이며, 그림 5(a)-(c)는 입력패턴의 앞부분에서 분리한 것이며, 그림 5(d)-(f)는 마지막 부분의 부분패턴이다. 이러한 6개의 부분패턴은 인식시스템에 순서대로 입력시켰다.

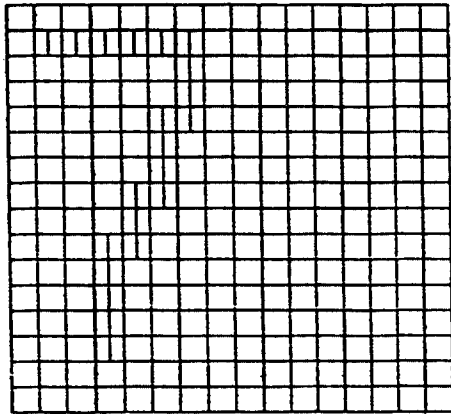


그림 4. 입력패턴
Fig. 4. Stroke pattern for test.

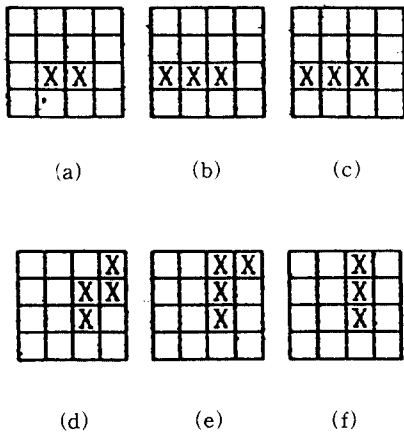


그림 5. 그림 4의 입력패턴에서 분리한 부분패턴
Fig. 5. Sub-patterns from stroke pattern of Fig. 4.

그림 5에 나타난 6개의 부분패턴이 인식망에 순서대로 입력될 때 인식망의 각 층은 하위층에서 전달되는 활성전위를 처리하여 상위층으로 전달한다. 동필특징층에서는 입력된 부분패턴으로부터 동필특징을 추출하며, 각 클러스터내의 동필특징노드의 활성전위를 방향특징층으로 전달한다. 방향특징층에서는 동필특징층에서 전달된 동필특징을 집적하여 방향특징을 추출한다. 자획인식층에서는 집적된 방향특징과 그 순서정보에 따라 자획을 분류한다. 표 VI은 그림 5에 나타난 6개의 부분패턴을 순서대로 입력시켰을 때 인식망의 각 층에서 처리된 활성전위를 나타내

었다.

표 VI에서 나타낸 바와 같이 그림 5(a)의 부분패턴이 입력될 때, 동필특징층에서 수평방향의 동필특징 '→'이 가장 많이 내포되어 있음을 볼 수 있으며, 방향특징층은 이를 수평방향특징 '→'으로 집적하였다. 그리고 자획인식층에서는 이것을 자획 '-'로 분류하고 있다. 이러한 상태에서 그림 5(b)와 (c)의 분류패턴이 순서대로 입력되고 수평자획 '-'노드에 최대의 활성전위가 유지되고 있음을 볼 수 있다. 그림 5(d)의 부분패턴이 4번째로 입력되면 동필특징층에서 대각선방향의 동필특징 '↘'으로 분류하고 방향특징층에서 방향특징 '↘'에 집적하였다. 그러나 자획인식층에서는 수평자획 '-'노드에 최대의 활성전위가 유지되고 있음을 볼 수 있다. 그림 5(e)와 (f)의 부분패턴에는 대각선방향과 수직방향의 동필특징이 많이 내포되어 있음을 볼 수 있으나, 방향특징층에서 방향특징 '↘'로 집적되어 'ㄱ'의 자획노드가 활성화됨을 볼 수 있다.

그림 4의 자획패턴은 처음에는 방향특징 '→'이 추출되어 수평자획 '-'으로 분류되고 끝부분에서 방향특징 '↘'이 활성화될 때, 'ㄱ'의 자획으로 분류된다. 즉 자획인식결과는 6개의 부분패턴이 순서에 따라 모두 입력되었을 때 자획인식층의 활성전위에 따라 결정된다.

그림 6은 7가지 한글자획에 대한 시험패턴을 나타내었으며, 표 VII은 그림 6에 나타난 7가지 자획패턴을 인식망에 처리한 최종결과를 나타낸 것이다. 즉 자획인식은 자획인식층에서 최대의 활성전위를 나타내는 자획노드에 의해 판단된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 자획인식을 위한 시스템을 각 출력노드간에 상호경쟁하고 학습하여 자율적으로 조직되는 신경회로망을 이용하여 구성하였다. 제안된 시스템은 자획패턴에 내포된 방향특징과 연결특징들을 탐색하고, 탐색된 특징들을 취합하여 자획 특유의 특징을 추출하며, 추출된 자획특징에 의하여 자획을 분류하고 인식한다. 자획특징은 쓰여지는 자획의 각점에 있어서의 여러 특징들의 통계적인 분포를 나타내고, 대비증가가 이루어진 결과이다. 자획인식을 위하여 자획정보가 집중된 자획의 첫부분과 끝부분의 자획특징을 이용하고, 'ㄱ', 'ㄴ' 자획들의 모서리특징들

표 VI. 그림 4의 입력패턴에 대한 인식결과.

Table VI. Recognized results from stroke pattern of Fig.4.

수치: 활성전위

부분패턴 입력층 (Fig. 5)	(1)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	
	(2)	()	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)	
동필특징층 (Fig. 5)	(3)	()	()	(c)	(c)	(c)	(c)	
	(4)	()	()	()	(d)	(d)	(d)	
	(5)	()	()	()	()	(e)	(e)	
	(6)	()	()	()	()	()	(f)	
	(1)	'↓'	-0.2	-0.2	-0.2	+0.1	+0.6	+0.8
	(2)	'→'	+0.8	+0.9	+0.9	-0.2	-0.2	-0.2
(3)	'↘'	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	
(4)	'↗'	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	
(5)	'↙'	-0.2	-0.3	-0.3	+0.8	+0.9	+0.3	
(6)	'↘'	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	+0.8	
(7)	'←'	-0.2	+0.1	0.0	-0.2	-0.2	-0.2	
방향특징층	(1)	'↓'	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	+0.1
	(2)	'→'	+0.8	+0.9	+0.9	+0.4	+0.3	+0.2
	(3)	'↙'	-0.2	-0.2	-0.2	+0.7	+0.8	+0.8
	(4)	'↘'	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
	(5)	'←'	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2
자획인식층	(1)	' '	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
	(2)	'-'	+0.8	+0.9	+0.9	+0.8	+0.7	+0.5
	(3)	'/'	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
	(4)	'\'	-0.2	-0.2	-0.2	0.0	+0.1	+0.2
	(5)	'ㄱ'	+0.4	+0.5	+0.5	+0.6	+0.8	+0.9
	(6)	'ㄴ'	+0.6	+0.6	+0.6	+0.5	+0.5	+0.2
	(7)	'ㅇ'	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2

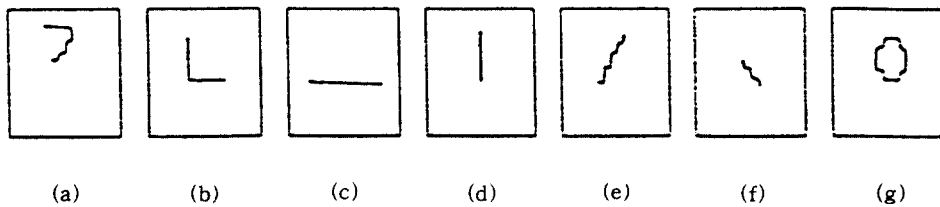


그림 6. 시험 자획패턴.

Fig. 6. Test stroke patterns.

표 VII. 그림 6의 시험 자획패턴에 대한 인식결과.

Table VII. Recognized results of the test patterns of Fig. 6.

수치 : 활성전위

자획패턴 (Fig. 6)	자획인식층						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	' '	'-'	'/'	'\'	'┌'	'└'	'o'
(a)	-0.2	+0.5	-0.3	+0.2	+0.9	+0.2	-0.2
(b)	+0.4	+0.2	-0.3	-0.2	+0.1	+0.8	-0.2
(c)	-0.3	+0.9	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2
(d)	+0.9	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2
(e)	-0.1	-0.3	+0.8	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
(f)	-0.1	-0.3	-0.2	+0.8	-0.2	-0.2	-0.2
(g)	-0.2	0.0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	+0.7

의 탐색은 첫부분과 끝부분에서 추출되어지는 자획 특징들의 순서정보를 이용하였다. 시험패턴의 크기를 16×16내로 하여 자획의 길이가 짧으므로, 자획은 곧게 쓰여지는 것으로 하였으나, 제안된 시스템은 통계적인 분포에 따른 방향특징을 탐색하므로, 서판의 크기를 보다 확대하여 자획의 길이가 길어질 경우에 채취되는 부분패턴의 갯수가 많아질 수 있으므로, 그 효율이 증대할 것으로 보여진다. 따라서 계속된 연구에서는 서판의 확대에 따른 자획패턴내의 방향변동 및 hook패턴등에 대한 제안된 시스템의 내성 및 학습 효과등에 관하여 검토하고, 확인식을 기본으로 한 자소 및 문자인식에 관한 연구를 하고자 한다.

참 고 문 헌

1. 石井 康雄, "스트로크代表點に着目したオンライン手書き漢字認識," 信學論, Vol.J69-D, No.6, pp. 940-948, 1986. 6.
2. 中川 正樹, 池田 裕治, 相澤 正, 菰田 千冬, 高橋 延匡, "構造解析的オンライン手書き文字認識における字體表現辭書の擴張と統計的相違度の評價," 信學論, Vol.J71-D, No.5, pp.800-811, 1988. 5.
3. 若原 徹, 小高 和己, 海田 三千雄, "選擇的ストローク結合による劃數筆順に依存しないオンライン文字認識," 信學論, Vol.J66-D, No.5, pp.593-600, 1983. 5.
4. 李義東, 金太均, 安居院 猛, 中嶋 正之, "확장된

- DP매칭법에 의한 홀림체 한글 온라인 인식," 전자공학회논문지, 제26권, 제1호, pp.29-37, 1989. 1.
5. 萬木 正義, 永田, 小沼, 久保田, "階層分析法によるオンライン文字認識," 信學論, Vol.J68-D, No. 6, pp.1320-1327, 1985. 6.
6. 菰田 千冬, 中川 正樹, 高橋 延匡, "オンライン手書き文字認識における, サブパターンの導入による略字, くずし字, 筆順誤りへの對應," 信學論, J70-D, No.4, pp.777-784, 1987. 4.
7. 若原 徹, 梅田三千雄, "ストローク結合規則を用いたオンラインくずし字分類," 信學論, Vol.J67-D, No.11, pp.1285-1292, 1984. 11.
8. 이희건, 방승양, "신경회로망을 이용한 오프라인 문자인식 연구 동향," 정보과학회지, 제9권, 제1호, pp33-44, 1991. 2.
9. 정봉만, 권오석, 김태균, "적응학습법에 의한 문자 집합별 온라인 인식," 한국정보과학회논문지, Vol.18, No.1, pp.14-22, 1991. 1.
10. 김길중, 최석, 남기근, 윤태훈, 김재창, 박의열, 이양성, "온라인 한글인식을 위한 특징추출 신경망에 관한 연구," 한국통신학회논문지, 제17권, 제2호, pp.159-167, 1992. 2.
11. Michael A. Cohen and S. Grossberg, "Masking Fields: A Massively Parallel Neural Architecture for Learning, Recognizing, and Predicting Multiple Groupings of Patterned Data," Applied Optics, Vol.26, No.10, pp.

- 1866-1891, 1987.
12. P.Hammond, "Contrasts in Spatial Organization of Receptive Fields at Geniculate and Retinal Levels: Centre, Surround and Outer Surround," *J. Physiol.*, 228, pp.115-137, 1973.
 13. Hochberg, J., "Attention, organization, and consciousness," in *Attention: contemporary Theory and Analysis*, edited by D.I. Mostofsky, New York: Appleton, 1970.
 14. 최정훈, 권희용, 김춘석, 황희용, "신경망모델을 이용한 한글 필기체 온라인 인식," 한국정보학회 논문지, Vol.17, No.5, pp.540-549, 1990. 9.
 15. 홍성민, 김은원, 박종국, 조원경, "構造解析에 의한 筆記體 한글의 온라인 認識," 전자공학회지 제 23권, 제1호, pp.114-119, 1986. 1.
 16. 김태균, 이은주, "한글에 적합한 획해석에 의한 연속 필기 한글의 On-line 인식에 관한 연구," 한국정보과학회논문지, Vol.15, No.3, pp.171-181, 1988. 6.
 17. 김상우, 전윤호, 최종호, "신경회로망을 이용한 한글문자의 인식," 대한전기학회, 하계학술대회논문집, pp.166-169, 1989.
 18. 相澤 正, 中川 正樹, 高橋 延匡, "オンライン手書き文字認識の前處理に對する信號處理的手法の應用," 信學論, Vol. J70-D, No.3, pp.581-591, 1987. 3.

金吉重(Gil Jung Kim) 정희원
 1949년 3월 9일생
 1975년 8월: 부산대학교 전자공학과 졸업
 1980년 2월: 동아대학교 전자공학과(공학석사)
 1991년 2월: 부산대학교 전자공학과(공학박사)

1978년 3월~현재: 경남전문대학 전자과 부교수
 ※주관심분야: 신경회로망, 패턴인식.

崔 碩(Sug Choi) 정희원
 1960년 10월 20일생
 1988년 2월: 부산대학교 공과대학 전자공학과 졸업
 1991년 2월: 부산대학교 전자공학과(공학석사)
 1991년 3월~현재: 동의공업전문대학 전자통신과 전임강사

※주관심분야: 신경회로망, 인공지능.

李 鍾 赫(Jong Hyeok Lee) 정희원
 1955년 5월 2일생
 1975년 2월: 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1980년 2월: 부산대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1991년 2월: 부산대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1980년 3월~1990년 2월: 동의공전 전자과 부교수
 1990년 3월~현재: 경성대학교 컴퓨터공학과 조교수
 ※주관심분야: 음성인식, 신경회로망.

南 基 坤(Ki Gon Nam) 정희원
 1955년 5월 1일생
 1977년 2월: 부산대학교 전자공학과 졸업
 1981년 2월: 부산대학교 전자공학과(공학석사)
 1989년 2월: 부산대학교 전자공학과(공학박사)

1990년 3월~현재: 부산대학교 전자공학과 조교수
 ※주관심분야: 패턴인식, Shape Recognition.

尹 台 燾(Tae Hoon Yoon) 정회원
1956년 8월 24일생
1979년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업
1982년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)
1982년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)

1986년 11월~현재 : 부산대학교 전자공학과 조교수
※주관심분야 : 신경회로망, 광전자.

朴 義 烈(Ui Yul Park) 정회원
1931년 8월 5일생
1955년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학사)
1958년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학석사)
1974년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학박사)

1969년 2월~현재 : 부산대학교 전자공학과 교수
※주관심분야 : 회로 및 시스템, 정밀계측.

金 在 昌(Jae Chang Kim) 정회원
1946년 2월 28일생
1969년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학사)
1974년 2월 : 부산대학교 전자공학과(공학석사)
1979년 8월 : 알라바마대학교 전기공학과(공학석사)
1981년 8월 : 알라바마대학교 전기공학과(공학박사)
1975년 3월~현재 : 부산대학교 전자공학과 교수
※주관심분야 : 신경회로망, 광전자

李 梁 成(Yang Sung Lee) 정회원
1928년 2월 16일생
1979년 3월 : 서울대학교 전자공학과 졸업
1959년 9월~1960년 8월 : 미네소타대학교 대학원 수학
1975년 2월 : 부산대학교 전자공학과(공학박사)

1969년 3월~현재 : 부산대학교 전자공학과 교수
※주관심분야 : 디지털시스템, 컴퓨터구조