

온라인 한글자소 인식시스템의 구성에 관한 연구

(A Study on On-line Recognition System of Korean Characters)

崔 碩*, 金吉重*, 許萬鐸*, 李種赫*, 南基坤*, 尹台焄*, 金在昌*, 李梁成*

(Seok Choi, Gil Jung Kim, Man Tak Huh, Jong Hyeok Lee, Ki Gon Nam, Tae Hoon Yoon, Jae Chang Kim and Ryang Seong Lee)

要約

본 논문에서는 신경회로망을 이용하여 한글자소 인식시스템을 구성하였다. 한글자소 인식시스템은 마스크필드 모델의 신경회로망을 이용하여 입력층, 모양특징 추출층, 방향특징 추출층, 자획특징 추출층, 연결특징 추출층, 자소인식층 등의 다층구조로 구성하였다. 한글자소 인식시스템은 입력층의 입력버퍼에 입력된 자소패턴으로부터 부분패턴을 분리하여 순서대로 신경회로망에 가하며, 모양특징 추출층에서 방향특징과 연결특징의 추출을 위한 모양특징을 추출하며, 방향특징 추출층에서 자획특징을 추출하기 위한 방향특징을 추출하며, 자획특징 추출층과 연결특징 추출층에서 자소인식을 위한 자획특징과 연결특징을 각각 추출한 다음 추출된 자획특징과 연결특징을 순서버퍼에 자획별로 순서대로 저장하며, 자소 인식층에서 순서버퍼에 저장된 자획특징과 연결특징에 의해 자소를 인식한다. 제안된 한글자소 인식시스템의 인식대상은 8개의 단자음과 6개의 단모음으로 하였고, 14가지의 시험패턴으로 시뮬레이션하였으며 인식한 결과는 양호하였다.

Abstract

In this paper propose a Korean character recognition system using a neural network is proposed. This system is a multilayer neural network based on the masking field model which consists of an input layer, four feature extraction layers which extracts type, direction, stroke, and connection features, and an output layer which gives us recognized character codes. First, 4x4 subpatterns of an NxN character pattern stored in the input buffer are applied into the feature extraction layers sequentially. Then, each of feature extraction layers extracts sequentially features such as type, direction, stroke, and connection, respectively. Type features for direction and connection are extracted by the type feature extraction layer, direction features for stroke by the direction feature extraction layer and stroke and connection features for the recognition of character by the stroke and the connection feature extractions layers, respectively. The stroke and connection features are saved in the sequential buffer layer sequentially and using these features the characters are recognized in the output layer. The recognition results of this system by tests with 8 single consonants and 6 single vowels are promising.

1. 서론

* 正會員, 釜山大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Pusan Univ.)

(※ 이 논문은 1991년도 교육부 지원 학술진흥재단의 대학부설연구소 지원 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.)

接受日字: 1993年 1月 15日

지능화된 시스템을 위한 연구의 한 분야로서 맨머신 인터페이스에 관한 연구가 활발하다. 맨머신 인터페이스 연구의 한 가지는 컴퓨터 키보드의 사용에 익숙하지 않은 사용자도 사용이 용이하도록 하는 온라인 문자인식이다. 온라인 문자인식은 전자펜과 같은

위치정보 입력기기로 글자를 써 나갈 때 입력된 문자를 실시간으로 인식하는 것이다. 최근 컴퓨터의 소형화에 따라 키보드를 대신한 컴퓨터의 입력장치가 필요해짐에 따라 이러한 연구가 가속화되고 있다.^[11] 인쇄된 문자를 입력하는 경우와 달리 온라인 인식은 입력과정에서 발생하는 정보를 인식에 이용할 수 있다.^[12,31]

일반적으로 문자인식 방법은 원형패턴(prototype pattern)을 정한 후 입력패턴과 원형패턴을 비교하는 원형패턴 비교법을 많이 사용한다. 그러나 필기체 문자와 같이 원형패턴의 수가 많을 경우 원형패턴 비교법은 효율적으로 처리할 수 없었다. 필기체 문자인식의 경우에는 기본패턴(primitive pattern)을 정의한 후 기본패턴의 조합에 의한 구조를 인식에 이용하는 것이 유리하며 구조적 인식방법이 필기체 문자인식에 효율적이라고 알려져 있다. 구조적 인식방법은 입력된 문자패턴을 기본패턴으로 분해한 다음, 기본패턴으로 이루어지는 입력 문자패턴의 구조를 분석하여 인식하는 방법이다. 한글 문자의 기본패턴으로는 자획정보를 주로 사용하며, 입력패턴으로부터 자획특징을 추출하여 자소를 인식한다.

신경회로망은 많은 처리요소가 연결된 단순한 구조로 되어 있으며 학습을 통해 처리시간이 감소한다. 신경회로망은 모호한 인식문제에 유용하며 특히 필기체와 같은 패턴인식에 이용이 기대된다.^[14,51] 최근 하드웨어로 구현되고 있으며 실시간 처리가 요구되는 온라인 인식에 적합하다고 생각된다. 경쟁학습하는 자율조직 신경회로망은 입력패턴의 변화에 대하여 적응할 수 있고 실시간 처리가 용이하여 지도학습 신경회로망보다 온라인 인식에 더 적합하다.^[16]

본 연구에서는 신경회로망을 이용하여 한글자소를 인식하는 시스템을 구성하고자 한다. 인식방법은 구조적 인식방법을 이용하며 특징추출과 인식과정에 경쟁학습 신경회로망의 일종인 마스크필드를 사용하기로 한다.^[17]

입력된 정보를 효율적으로 처리하기 위하여 여백의 정보를 처리대상에서 제외시켰으며, 이와 같이 하여 인식 시간의 단축을 기하였다. 자소의 인식은 자획특징과 그 순서정보 그리고 연결특징으로 이루어진 구조를 이용한다. 자획특징은 각 자획특징이 갖는 방향특징을 추출하여 인식한다. 그리고 방향특징만으로 분류할 수 없는 자획을 위하여는 방향특징의 순서정보를 이용한다. 한글 자획특징의 경우, 자획특징 인식을 위한 정보가 대부분 자획패턴의 첫 부분과 끝 부분에 집중되고, 그 중간부분은 상대적으로 정보의 중요성이 결여되므로, 자획패턴의 첫 부분과 끝 부분에 주의집중하여 특징추출을 하였으며, 모서리의 특

징이 있는 자획특징은 첫 부분과 끝 부분의 방향특징과 순서정보에 의해 인식한다.

신경회로망의 구조는 단순세포와 복합세포로 이루어진 다층의 구조로 된 인간의 시각계를 모방한다. 인간의 시각계에서 단순세포는 방향특징정보를 추출하며 복합세포는 연결특징 정보를 추출한다고 알려져 있다.^[8] 한글자소 인식시스템은 모양특징 추출층, 방향특징 추출층, 자획특징 추출층, 연결특징 추출층 및 자소인식층의 다층구조로 구성한다.^[9] 모양특징 추출층은 방향특징과 연결특징의 추출을 위한 모양특징을 추출하며, 방향특징 추출층은 자획특징을 추출하기 위한 방향특징을 추출하며, 자획특징 추출층과 연결특징 추출층은 자소인식을 위한 자획특징과 연결특징을 각각 추출한다.^[10] 자소인식층은 추출된 자획특징과 연결특징에 의해 자소를 인식한다.

8개의 단자음 및 6개의 단모음인 14개의 각 자소에 대하여 필요한 특징들을 결정하고 신경회로망의 연결구조를 설정하였다. 구성된 한글자소 인식시스템은 시뮬레이션을 통하여 각 층의 동작상태가 분석되며 몇 가지 시험 자소패턴에 대하여 인식결과를 보인다.

한글자소 인식 시스템의 구성

한글자소를 인식하기 위한 기본적인 방법은 구조적 인식방법을 사용한다. 구조적 인식방법은 자소에 내포된 기본패턴의 구조를 추출하고 추출된 기본패턴을 인식한 후 인식된 결과를 조합하여 자소를 인식하는 방법이다. 자소를 구성하는 기본패턴은 한글자획특징을 사용하며 그림 1과 같은 6가지의 한글 자획특징을 정의하였다. 여기서 자획이라 함은 한번 펜을 놓아들 때까지 쓸 수 있는 글자를 말한다.

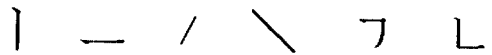


그림 1. 자획특징
Fig. 1. Strokes.

자획특징은 펜이 나아가는 4개의 방향정보 '↓', '→', '↘', '↗'의 조합으로 구성된다. 자획특징 '↓', '→', '↘', '↗'은 방향특징 '↓', '→', '↘', '↗'에 의해 분류되고 'ㄱ', 'ㄴ'은 방향특징 '↓', '→'과 그 순서정보에 의해 분류된다.

자음 'ㅃ'과 모음 'ㅏ', 'ㅑ', 'ㅓ', 'ㅕ' 등은 '↓', '→'의 자획특징이 공통으로 들어 있으므로 자획특징만으로는 분류되지 않는다. 이것들을 구분하기 위해 그림 2와 같이 연결특징을 정의하여 사용한다.



그림 2. 연결특징
Fig. 2. Connection features.

연결특징은 자획과 자획이 만나는 형태의 특징정보이다. 자획과 자획사이에는 반드시 연결될 필요는 없으며, 연결된 경우에만 연결된 모양을 추출하여 인식에 이용한다.

인식하고자 하는 자소는 그림 3과 같은 8개의 단자음과 6개의 단모음이다. 한글의 24개 자소중 겹자음, 복자음과 복모음의 설정은 시물레이션의 단순성을 위해 추후로 미루었다.

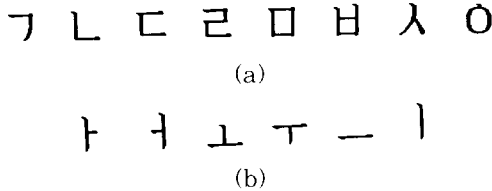


그림 3. 인식할 자소
(a) 8가지 단자음 (b) 6가지 단모음

Fig. 3. Characters for recognition.
(a) 8 single consonants, and
(b) 6 single vowels.

표 1은 그림 3에 나타낸 자소를 분석하여 인식에 필요한 자획특징과 연결특징을 나타낸 것이다.

표 1. 그림 3의 자소에 대한 자획특징과 연결특징
Table 1. Stroke and connection features for recognition of characters in Fig. 3.

	자소	자획특징	연결특징
단자음	가	ㄱ	↗ ↘ ↗ ↘ ↘ ↗
	나	ㄴ	
	다	ㄷ	
	라	ㄹ	
	마	ㅁ	
	바	ㅂ	
	사	ㅅ	
	오	ㅅ	
단모음	ㅏ	ㅣ	↑ ↓ ↓ ↓
	ㅑ	ㅡ	
	ㅓ	ㄷ	
	ㅕ	ㄴ	
	ㅗ	ㅣ	
	ㅛ	ㅡ	

표 1에 나타낸 바와 같이 모든 한글 문자는 그림 1의 자획특징과 그림 2의 연결특징으로 조합될 수 있다. 그러므로 한글자소로부터 자획특징과 연결특징을 추출함으로써 자소인식은 가능하다. 또한 자소 'ㅂ'의 경우 'ㅣ', 'ㅡ', 'ㄷ', 'ㄴ'의 순서로 쓴다고 가정하였지만 'ㅣ', 'ㅡ', 'ㄴ', 'ㄷ'의 순서로 쓰는 것도 고려해 줄 수 있다. 그러므로, 사람마다 쓰는 순서가 다르더라도 인식할 수 있다.

그림 3에 나타내지 않은 복자음, 복모음 등의 자소는 같은 원리에 의해 인식할 수 있으므로 인식대상에서 생략하였다.

입력층은 쉬프트 레지스터로 구성되며 자소패턴에서 마스크된 부분패턴들이 순서대로 입력된다. 모양특징 추출층은 입력층에서 수용영역에 따라 부분연결되어 있으며 방향특징과 연결특징을 추출하는데 필요한 특정한 모양특징을 추출한다. 방향특징 추출층은 모양특징 추출층과 부분연결되어 모양특징을 방향특징으로 조합하여 자획특징 추출층에 보낸다. 자획특징 추출층은 방향특징 추출층과 부분연결되어 방향특징과 방향특징의 순서정보를 이용하여 자획특징을 추출한다. 연결특징 추출층은 모양특징 추출층의 모양특징을 조합하여 자획의 연결형태에 따른 연결특징을 추출한다. 자소인식층은 추출된 자획특징과 연결특징을 조합하여 입력된 자소를 인식하는 층이다. 각 층의 노드는 자소인식에 필요한 특징정보에 대응되며, 출력층인 자소인식층은 인식대상의 한글자소 즉 8개의 단자음과 6개의 단모음에 대응하는 14개의 노드로 구성된다.

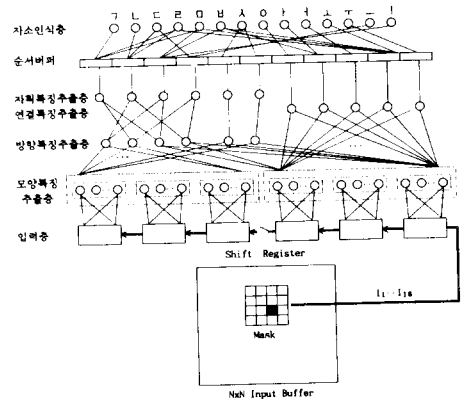


그림 4. 한글자소 인식시스템
Fig. 4. Korean character recognition system.

그림 4는 앞에서 설명한 기본원리에 따라 구성된 한글자소 인식시스템을 나타내었다. 한글자소 인식시스템은 입력층, 모양특징 추출층, 방향특징 추출층, 자획특징 추출층, 연결특징 추출층 및 자소인식층의 다섯개의 층으로 구성되었다. 각 층은 서로 부분연결되며 각 층은 동적으로 반응한다. 이와 같이 다층구조에서 하위층의 처리결과는 상위층에 전달되며, 상위층에서는 하위층의 국부적인 특징을 조합하여 전체적인 특징 형태로 유지하게 된다. 또한 하위층의 일시적인 출력의 변화는 곧바로 상위층의 출력에 전달된다.

그림 4에 나타낸 한글자소 인식시스템의 각 층은 경쟁학습하는 자율조직 신경망모델의 하나인 마스킹필드(Masking Field) ⁷⁾ 를 이용하여 구성한다. 그림 5에 자율경쟁학습기능을 가진 마스킹필드 모델을 나타내었다. 경쟁학습은 신경망내에서 각 노드가 다른 노드와의 경쟁에 의해 자율적으로 출력신호를 결정하며 결정된 출력신호에 따라 가중치를 갱신하는 학습방법이다. 유사한 특징정보를 가진 노드는 서로 경쟁하며 층이 다르거나 연관성이 없는 정보는 경쟁시키지 않는다. 그림 5에서 ' ' 로 표시된 연결은 억제성입력으로 경쟁관계를 나타낸다. 경쟁은 입력이 변경될 때 시작되며, 경쟁이 끝나는 시점까지 노드의 출력은 계속적으로 변화한다. 입력이 없을 경우에는 경쟁이 끝난 상태에서도 노드의 출력은 지수적으로 감쇄한다. 경쟁은 최적의 특징을 찾으도록 하며 학습에 의해 경쟁속도를 가속화시킬 수 있다. 따라서 자율경쟁학습은 입출력의 연관성이 학습되는 연상기억의 역할보다 입력으로부터 특징을 찾아내는 특징추출기로서의 역할이 더 강하다. 각 노드는 하위층과 부분연

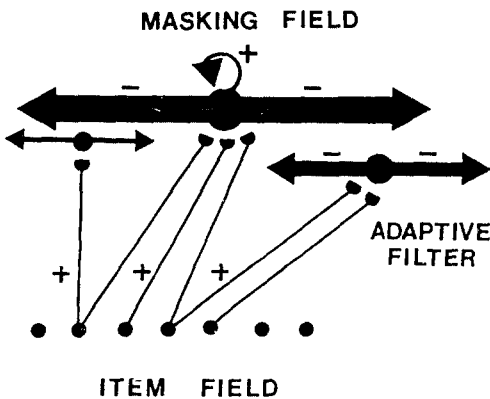


그림 5. 마스킹필드 모델
Fig. 5. Masking field model.

결되며 이러한 부분연결의 집합을 수용영역이라 한다. 그림 5에 ' ' 로 표시된 연결은 하위층으로부터의 가중치가 곱해진 입력연결을 나타낸다. 각 노드의 하위층으로부터의 입력은 수용영역의 집합의 크기로 나누어져 수용영역의 크기와 무관해진다. 수용영역이 큰 노드와 작은 노드가 같이 입력을 받으면 수용영역이 큰 노드가 선택된다. 수용영역이 큰 노드에는 수용영역의 일부의 연결로부터 입력되고 수용영역이 그보다 작은 노드에는 모든 연결로부터 입력될 경우에, 수용영역이 작은 노드가 수용영역이 큰 노드와의 경쟁에서 이긴다.

마스킹필드의 각 노드는 입력의 특정한 수용영역으로부터 입력을 받도록 연결된다. 특정한 수용영역은 선형적인 지식으로 구성된 부분연결의 형태로 설정된다. 수용영역은 그 노드가 필요한 정보를 받아 들이는 통로와 같으므로 수용영역의 크기가 경쟁에서 중요한 변수가 된다. 수용영역이 많이 중복되는 노드간에는 상대적으로 더 많이 경쟁한다.

1. 입력층

입력층의 동작은 부분패턴 분리과정과 부분패턴 이동과정으로 구성된다. 부분패턴 분리과정은 입력버퍼에 하나의 문자화소정보가 입력될 때 그것을 중심으로 그림 6과 같은 4x4의 마스크를 씌워 마스크 내의 명암값을 저장한 부분패턴으로 만드는 것이다. 부분패턴은 마스크 내의 16개의 화소정보 즉 $\{I_1, \dots, I_{16}\}$ 으로 구성되며 화소 I_{11} 이 마스크의 중심이 된다. 부분패턴 분리과정은 한 자획특징을 구성하는 모든 화소에 대하여 반복적으로 수행된다. 입력된 자획패턴의

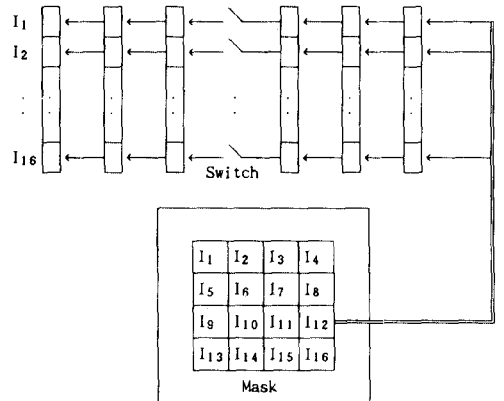


그림 6. 입력층
Fig. 6. Input layer.

크기에 비례하여 마스크의 크기가 결정되어야 하므로 마스크의 크기를 고정시킬 때 입력될 수 있는 패턴의 크기도 거의 고정된다. 마스크의 크기를 4x4로 함으로써 입력패턴의 크기는 최소한 16x16의 크기를 가져야 한다.

부분패턴 분리과정은 자소인식에 영향을 거의 미치지 않는 여백정보를 제거하여, 자소가 쓰여진 부분의 정보만을 이용함으로써 처리해야 할 입력정보를 효과적으로 감소시킬 수 있다. 아울러, 자소의 방향특징 및 연결특징 등의 정보를 추출하기 위한 특정한 모양을 용이하게 찾으려 한다.

부분패턴 이동과정은 한 자소 패턴에서 분리된 부분패턴을 순서대로 신경회로망에 입력시키는 과정으로 쉬프트 레지스터의 형태로 구성된다. 레지스터는 부분패턴의 크기에 대응하는 16비트가 되며, 16비트 레지스터 6개를 병렬로 연결한다. 순서적으로 입력되는 부분패턴정보는 6개의 레지스터에 직렬로 입력되며, 7번째의 부분패턴이 입력되면 스위치를 전환시켜 선행된 부분패턴을 저장하고 있는 3개의 레지스터에는 더이상 입력되지 않도록 한다. 이것은 그 3개의 레지스터에 자획의 2번째 화소부터 3개의 부분패턴을 저장함을 뜻한다. 그리고 나머지 3개의 레지스터는 부분패턴이 입력될 때마다 순서대로 계속 이동되고, 최종적으로 자획의 마지막 3화소에 대한 부분패턴의 정보를 저장한다. 신경회로망은 입력된 부분패턴을 처리하여 모양특징들을 추출하며 이를 이용하여 자획특징과 연결특징을 추출하고, 추출된 자획특징과 연결특징 정보를 이용하여 자소를 인식하게 된다.

2. 모양특징 추출층

모양특징추출과정은 방향특징과 연결특징을 추출하는데 필요한 모양특징을 입력층의 부분패턴으로부터 추출하는 과정이다. 방향특징과 연결특징은 모양특징을 취합하여 형성되는 것으로 모양특징의 수가 많을 수록 인식에 유리한 작용을 하지만, 처리해야 할 정보량이 많아짐에 따라 실시간 처리를 어렵게 한다. 모양특징 추출층은 6개의 클러스터(cluster)형태로 구성되며 각 클러스터는 32개의 출력노드로 형성된다. 각 출력노드는 부분패턴에 존재가능한 특징모양에 대응되며, 클러스터내의 각 노드는 상호 경쟁적으로 활성화되며 클러스터간에는 상호협조한다. 입력층에 있는 하나의 부분패턴에 대한 32개의 출력노드는 마스크필드로 구성되며, 특정한 모양특징을 추출하는 출력노드에 대한 수용영역을 표 2에 나타내었다. 클러스터내의 한 노드점은 연관된 모양특징에 대해 반응하며 그에 따른 활성화전위값의 크기는 그 클러스터

와 연관된 부분패턴내에 존재하는 해당 모양특징 정보의 정보량에 따라 결정된다. 부분패턴내에 어떠한 모양특징 정보가 존재하는지는 각 노드점의 활성화전위의 크기에 의해 판단된다. 클러스터 내의 한 노드점은 어떤 모양특징에 반응하기 위해서는 부분패턴 내의 특정한 화소정보들과 연결되어야만 하며, 이러한 특정 화소집합을 수용영역이라 한다. 수용영역은 방향, 연결점 특징정보를 위해 결정되며 모양특징 추출층의 노드점의 수용영역은 표 2의 '●' 원소들과의 연결집합이 된다. 여기서 어떤 노드점은 하나의 모양특징을 대표한다. 표 2에서 보는바와 같이 모양특징층은 방향특징 '↓', '↘', '↙', '↖'에 대한 모양특징으로 각각 2, 4, 3, 4개를 설정하였고, 연결특징 '┌', '└', '├', '┤', '┼'에 대하여 각각 4, 3, 5, 4, 3개를 설정하였다.

6개의 클러스터는 두개의 그룹으로 구분할 수 있다. 그룹 1은 선행된 3개의 부분패턴으로 형성된 3개의 클러스터로 구성된다. 이 그룹에 연결된 부분패턴은 자획의 시작부분에 대응되며 입력된 후 변하지 않으므로, 자기감쇄에 의해서만 변화된다. 즉, 입력이 변하지 않으므로 출력은 거의 변화가 없다. 그룹 2는 두 그룹 내의 3개의 각 클러스터들은 모두 동일한 특성을 가지며 클러스터 내의 노드점들은 서로 경쟁한다. 표 2에서 자소 패턴의 각 방향 연결점 정보를 추출하기 위한 모양특징을 알 수 있다.

3. 방향특징 추출층

방향특징 추출층에서는 부분패턴으로부터 추출된 모양특징들을 가합하여 방향특징을 추출한다. 추출할 특징은 4개의 방향특징 '↓', '↘', '↙', '↖'이다. 방향특징 추출층은 이러한 특징에 대응하는 노드로 구성되며, 방향특징 '↓', '↘'에 대하여 각각 2개를 설정하여 전체는 6개의 노드로 구성된다. 각 노드는 마스크필드 모델로 구성되며 그 노드가 나타내는 방향특징과 관련된 모양특징을 나타내는 모양특징 추출층의 노드와 연결된다. 즉, 방향특징 추출층의 각 노드점들은 모양특징 추출층과 설정된 수용영역에 의해 부분연결 된다. 각 노드가 대표하는 특징정보는 표 3의 세로항과 같다.

표 3에서 노드 1, 2와 노드 3, 4는 서로 같은 특징을 나타내지만 받아들이는 입력이 같지 않다. 노드 1, 2는 모양특징 추출층의 그룹 1로 부터 입력을 받으며 노드 3, 4는 그룹 2로부터 입력을 받는다. 이것은 노드 1, 2는 자획패턴의 앞부분에 대한 방향특징이 되며 노드 3, 4는 뒷부분에 대한 방향특징이 된다. 이렇게 하는 이유는 '↓'과 '↘' 방향의 순서정보

표 2. 방향과 연결 특징을 추출하기 위한 모양 특징 추출층의 수용영역

Table 2. Receptive Field of Type Feature Extracting Layer for Extraction of Direction and Connection Features.

입력		출 령 층																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
출 령	↓																	
	→																	
	↘																	
	모	↓																
		→																
		↘																
		↙																
	양	↓																
		→																
		↘																
		↙																
	투	↓																
		→																
		↘																
		↙																
	정	↓																
		→																
		↘																
		↙																
	추	↓																
		→																
		↘																
		↙																
	출	↓																
		→																
		↘																
		↙																
	층	↓																
		→																
		↘																
		↙																
	나	↓																
→																		
↘																		
↙																		
ㄷ	↓																	
	→																	
	↘																	
	↙																	

표 3. 방향특징 추출층의 수용영역
Table 3. Receptive Field of Direction Feature Extraction layer.

입력		모 양 특 징 추 출 층																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	32			
방 향 특 징 추 출 층	↓	그룹1	●	●														
	→	그룹2																
	↘	그룹1																
	↙	그룹2																
	추 출 층	↓	그룹1	●	●													
		→	그룹2															
		↘	그룹1															
		↙	그룹2															
	나	↓	그룹1															
		→	그룹2															
		↘	그룹1															
		↙	그룹2															

에 의해 자획특징 'ㄱ'과 'ㄴ'을 구분하기 위해서이다. 출력노드 2와 3은 다음층에서 자획특징 'ㄱ'을

인식하는데 이용되며 노드 1과 4는 자획특징 'ㄴ'을 인식하는데 사용된다. 자획특징 'ㄱ'과 'ㄴ'은 '↘'과 '↙'방향이 끝까지 계속되므로 출력노드 5와 6은 모양특징 추출층의 그룹 1과 그룹 2에 모두 연결되어진다. 또한 모양특징 추출층의 노드 14에서 노드 32까지는 연결특징추출을 위한 것이므로 방향특징 추출층과는 연결되지 않는다. 방향특징 추출층의 노드들을 위한 수용영역은 표 3과 같다.

4. 자획특징 추출층

자획특징 추출층은 추출된 방향특징과 연결특징을 이용해 그림 1에서 정의한 7개의 자획특징을 인식하는 층으로서 각 노드는 하나의 자획특징을 나타낸다. 자획특징 추출층의 각 노드는 마스크필드 모델로 구성되며 방향특징 추출층과 수용영역에 의해 부분연결된다. 부분연결된 수용영역은 표 4와 같다. 'ㄱ'과 'ㄴ'을 나타내는 노드는 둘다 방향특징 추출층의 '↓'과 '→'를 나타내는 노드와 연결되어 있으며, 방향특징을 나타내는 그 두 노드의 활성전위값의 변화 순서에 의해 'ㄱ'과 'ㄴ'의 두 노드점중의 하나가 선택된다. 한 자획에서 '→'방향이 나온후에 '↓'방향이 나오면 'ㄱ'이고 '↓'방향이 나온 후에 '→'이 나오면 'ㄴ'이다. 'ㄱ'자획특징 노드는 방향특징 추출층의 노드 2와 노드 3과 연결된다. 'ㄴ'자획특징 노드는 방향특징 추출층의 노드 1과 노드 4와 연결된다. 'ㄱ'과 'ㄴ'자획특징 노드는 각각 방향특징 추출층의 '↘'와 '↙'방향 노드와 연결되어 있다. 비록 'ㄱ'과 'ㄴ'노드가 'ㄱ'과 'ㄴ'보다 입력을 위한 수용영역이 크지

표 4. 자획특징 추출층의 수용영역

Table 4. Receptive Field of Stroke Feature Extraction Layer.

입력		방 향 특 징 추 출 층						
		↓	→	↘	↙	↗	↖	
출 령	자 획 특 징 추 출 층	1	2	3	4	5	6	
		ㄱ	1		●	●		
		ㄴ	2	●			●	
		ㄱ	3	●		●		
		ㄴ	4		●		●	
		ㄱ	5					●
		ㄴ	6					

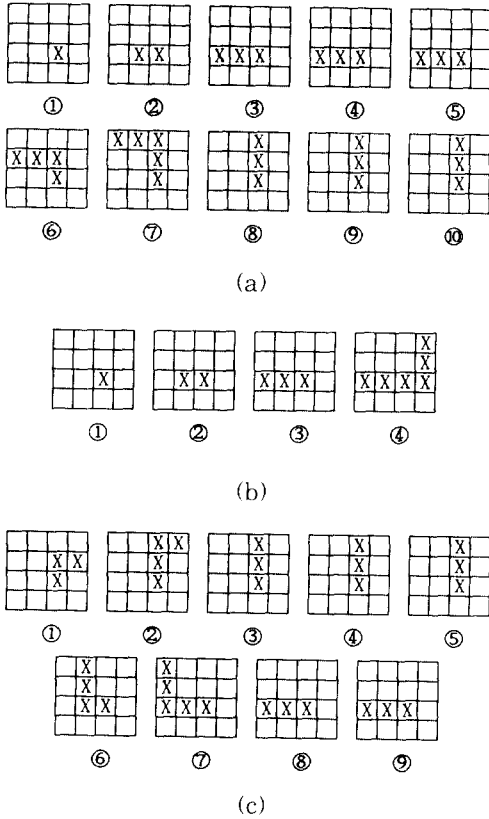


그림 8. 그림 7의 'ㄹ' 자소패턴의 부분패턴
 (a) 자획 'ㄱ'의 부분패턴
 (b) 자획 'ㅡ'의 부분패턴
 (c) 자획 'ㄴ'의 부분패턴

Fig. 8. Subpatterns of 'ㄹ' character pattern in Fig. 7.
 (a) subpatterns of stroke 'ㄱ'
 (b) subpatterns of stroke 'ㅡ'
 (c) subpatterns of stroke 'ㄴ'.

시물레이션에 사용한 입력버퍼의 크기는 16x16으로 한다. 그림 7은 16x16의 입력버퍼에 입력된 자소패턴의 예를 나타내었으며 'ㄱ', 'ㅡ', 'ㄴ'의 자획으로 구성된다. 여기서 번호는 입력된 화소의 순서정보를 나타내었다. 그림 7에 나타난 자소패턴은 본 논문에서 구성한 한글자소 인식시스템의 동작을 설명하는데 이용된다.

입력층은 자소입력의 순서대로 부분패턴으로 분리한다. 분리된 부분패턴은 그림 8에 나타내었으며 신경회로망의 입력으로 사용된다.

그림 8에 있는 부분패턴들은 자획 'ㄱ'에서는 자

획 'ㅡ' 그리고는 자획 'ㄴ'에서 분리된 것이다.

표 2에서 보는 바와 같이 모양특징 추출층의 수용영역에서 그림 8의 과 같은 부분패턴은 연결이 없으므로 실제로 입력되지 않은 것과 같다. 그러나 그림 8의 은 출력에 영향을 미친다. 이와 같이 수용영역을 설정한 이유는, 그림 8와 그림 8의 부분패턴은 방향특징과 연결특징을 추출하는데 불필요하기 때문이다. 또한 현재 화소 위치는 모든 부분패턴에 공통으로 들어 있으므로 분류에 도움을 주지 못한다.

방향특징 추출층의 출력은 각 부분패턴이 입력될 때마다 자획특징 추출층과 연결특징 추출층에 영향을 미치며, 자획특징 추출층과 연결특징 추출층의 출력은 자획의 입력이 끝날 때마다 순서버퍼에 저장된다. 모든 자획의 입력이 끝나 하나의 자소가 입력되면, 순서버퍼에 저장된 자획특징 추출층과 연결특징 추출층의 활성전위값은 자소인식층에 전달된다.

표 6은 그림 7의 'ㄹ' 자소패턴에서 분리한 그림 8의 부분패턴을 신경회로망에 순서대로 입력시켰을 때 나타나는 각 층의 활성전위값을 기록한 것이다. 방향특징 추출층의 활성전위값은 부분패턴이 입력될 때마다 상위층으로 전달되므로 계속 변화에 주의하여야 하며, 자획특징 추출층과 연결특징 추출층의 활성전위값은 자획의 마지막 부분패턴이 입력되었을 때만 순서버퍼에 저장되므로 그 때의 변화에 주의하여야 한다. 신경회로망모델에서 활성전위값은 '-1'에서 '1'사이의 값을 가지며 활성전위값이 큰 노드점일수록 그 노드점이 나타내는 정보가 많이 내포되어 있음을 나타낸다.

표 6의 세로는 자소 'ㄹ'을 구성하는 각 자획 'ㄱ', 'ㅡ', 'ㄴ'과 이로부터 분리된 그림 8의 부분패턴을 나타내고 있으며 가로는 각 층의 노드로 구성된다.

자획 'ㄱ'의 부분패턴 ①은 원소 I₁₁ 하나만 입력된 경우로서 그림 8와 같으며, 수용영역에 없어 입력은 출력으로 전달되지 못하므로 활성전위값은 모두 제로이다. 자획 'ㄱ'의 부분패턴 ②에서부터 ④까지 입력될 때, 가장 활성화된 방향특징은 모양특징 추출층의 그룹 2로부터 입력을 받는 'ㅡ'이다. 자획 'ㄱ'의 부분패턴 ⑤에서부터 ⑦까지 입력될 때, 방향특징 'ㅡ'의 노드 2와 4가 추출되었다. 계속 'ㅡ'방향특징이 나타나다가 그림 8의 부분패턴 ⑧부터 방향특징 'ㄴ'의 노드 3이 활성화된다. 노드 3은 모양특징 추출층의 그룹 2로부터 입력을 받는다. 자획 'ㄱ'의 마지막 부분패턴 ⑩이 입력되면 방향특징 'ㅡ'과 'ㄴ'이 입력된 순서대로 나타나 있으며 자획특징 'ㄱ'이 추출되었다. 자획 'ㅡ'의 경우 자획 'ㅡ'과 연

표 6. 그림 8의 부분패턴의 입력에 대한 각 층의 특징추출결과

Table 6. Extracted features of each layer for the input of subpatterns of Fig. 8.

자 소	자 획	방향특징추출층					자획특징추출층					연결특징추출층								
		↓	↘	↗	↖	↙	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
가	①	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	②	0.0	0.0	-1	-1	0.0	-1	0.0	-0	-0	0.0	0.0	-0	-0	-0	-0	-1	-1	-0	-1
	③	0.0	0.0	-4	-3	-3	-1	-0	-1	-2	-1	-0	-1	-0	-1	-0	-1	-0	-1	
	④	0.0	0.0	-6	-5	-5	-2	-0	-1	-3	-1	-2	-0	-1	-1	-0	-1	-0	-1	
	⑤	-1	-1	-7	-6	-6	-2	-0	-1	-4	-1	-2	-1	-2	-2	-0	-2	-0	-2	
	⑥	-5	-5	-7	-6	-5	-1	-1	-1	-4	-1	-3	-2	-2	-1	-1	-2	-1	-2	
	⑦	-6	-6	-3	-6	-5	-1	-2	-1	-4	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-1	-2	
	⑧	-7	-7	-4	-7	-6	-1	-4	-2	-1	-4	-4	-6	-6	-4	-6	-5	-5	-5	
	⑨	-7	-7	-4	-7	-7	-1	-4	-1	-0	-4	-5	-5	-1	-5	-5	-5	-5	-5	
나	①	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	②	0.0	0.0	-1	-1	-1	0.0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-1	-1	-1	-0	-1	-0	
	③	0.0	0.0	-4	-2	-3	-3	-1	-0	-1	-2	-1	-1	-0	-1	-1	-0	-1	-0	
	④	0.0	0.0	-4	-2	-3	-3	-4	-3	-4	-2	-4	-4	-4	-5	-5	-4	-5	-4	
	⑤	-5	-5	-6	-5	-6	-4	-2	-2	-1	-3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
	⑥	-6	-6	-4	-6	-5	-2	-2	-2	-1	-3	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-1		
	⑦	-6	-6	-2	-6	-5	-2	-2	-1	-3	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-1	-1		
	⑧	0.0	0.0	-7	-4	-6	-0	-2	-4	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1	-2	
	⑨	0.0	0.0	-7	-4	-6	-0	-2	-4	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1	-2	
다	①	5	-6	-5	6	4	-2	-2	-1	-3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
	②	-6	-6	-4	-6	-5	-2	-2	-1	-3	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-1	-1		
	③	-6	-6	-2	-6	-5	-2	-2	-1	-3	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-1	-1		
	④	0.0	0.0	-7	-4	-6	-0	-2	-4	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1		
	⑤	0.0	0.0	-7	-4	-6	-0	-2	-4	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1		
	⑥	-4	-4	-6	-6	-6	-1	-2	-5	-2	-3	-2	-3	-3	-2	-1	-3	-2		
	⑦	-7	-7	-3	-5	-6	-2	-1	-5	-2	-3	-2	-3	-2	-2	-1	-3	-2		
	⑧	-7	-5	-3	-7	-7	-4	-3	-1	-0	-3	-3	-2	-2	-3	-0	-3	-0		
	⑨	-7	-5	-3	-7	-7	-4	-3	-1	-0	-3	-3	-2	-2	-3	-0	-3	-0		

결정징 '↓'가 경쟁적으로 활성화되며, '↓'가 경쟁에서 이기도록 설정되었다. 따라서 자획 'ㄴ'의 마지막 부분패턴 ④ 입력되면 연결특징 '↓'가 추출됨을 알 수 있다. 이렇게 된 이유는 자소 'ㄴ'의 경우 연결특징 '↓'가 자획특징 'ㄴ'보다 경쟁에서 불리하기 때문에 연결특징에 유리하게 파라미터를 설정했기 때문이다. 자획 'ㄴ'의 경우에, 부분패턴 ①은 자획 'ㄴ'의 부분패턴 ①과 ②와 연속되어 그림 8(c)와 같이 되므로 방향특징 '↘'이 추출되었다. 자획 'ㄴ'의 부분패턴 ②와 ③에서는 방향특징 '↘'이 감소하며 방향특징 '↓'이 강화되기 시작하며, 부분패턴 ④에서부터 방향특징 '↓'의 노드 3에 부분패턴 ⑤까지 나타난다. 부분패턴 ⑥과 ⑦에서는 계속 방향특징 '↓'의 노드 1과 3이 활성화된다. 부분패턴 ⑧부터는 방향특징 '↘'이 나타난다. 자획 'ㄴ'의 마지막 부분패턴 ⑨ 입력되면 방향특징 '↓'와 '↘'가 순서대로 추출되며 자획특징 'ㄴ'이 추출됨을 알 수 있다. 이렇게 추출된 자획특징과 연결특징은 자획별로 순서대로 순서버퍼에 저장된다.

그림 9는 그림 3에 나타난 14개의 한글자소에 대한 시험 자소패턴을 나타낸 것이다. 본 연구에서 구성한 한글자소 인식시스템을 그림 9의 자소패턴에 대하여 시험하였다.

표 7은 그림 9의 14개의 자소패턴에 대하여 자획별로 각 층의 처리결과를 활성전위값으로 나타낸 것이다. 각 입력 자소패턴에 대한 자획특징 추출층, 연결특징 추출층의 결과는 자획별로 순서대로 순서버퍼에

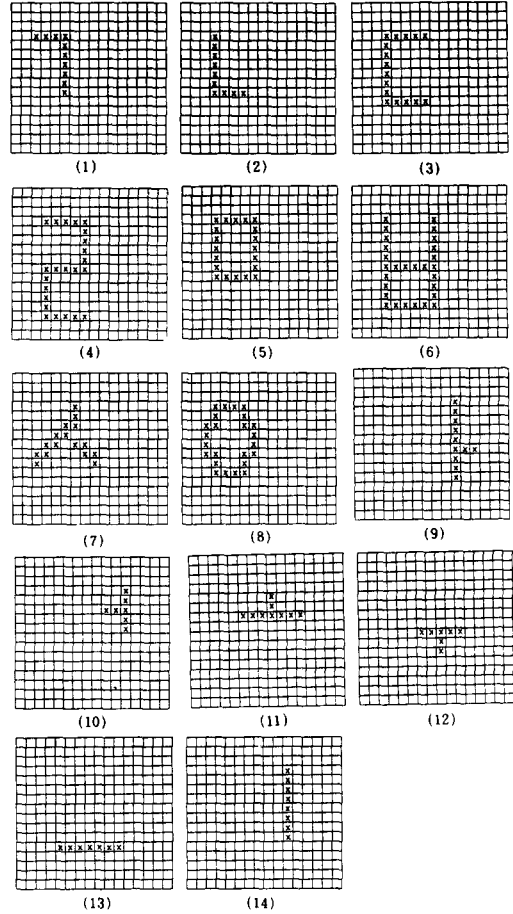


그림 9. 14가지 형태의 자소 패턴들
Fig. 9. 14 types of character patterns.

저장된다.

표 7의 세로는 각 자소별과 자획별로 그리고 가로는 각 층의 노드별로 구분된다.

자소 '가'은 자획 'ㄱ'으로 구성되며, 자획 'ㄱ'의 입력에 대하여 방향특징 추출층에서는 방향특징 '↓'의 노드 2와 방향특징 '↘'의 노드 3이 활성화되었고 자획특징 추출층과 연결특징 추출층에서는 'ㄱ' 자획을 나타내는 노드가 활성화되었다. 자소 '나'은 자획 'ㄴ'으로 구성되며, 자획 'ㄴ'의 입력에 대하여 방향특징 추출층의 방향특징 '↓'의 노드 1과 방향특징 '↘'의 노드 4가 활성화되었으며 자획특징 'ㄴ'이 추출되었다. 자소 '다'은 자획 'ㄷ'과 자획 'ㄴ'으로 구성되었으며, 자획 'ㄷ'에 대하여 방향특징 '↘'와 자획특징 'ㄷ'가 추출되었고 자획 'ㄴ'에 대하여 방향특징 '↓'와 '↘' 그리고 자획특징 'ㄴ'이 추출되었다. 나머지 입력 자소패턴에 대하여도 표 1에 나타난 것과 같은 자획특징과 연결특징이 추출됨을 알 수 있

표 7. 그림 9의 자소패턴입력에 대한 자획별 각 층의 특징추출결과.

Table 7. Extracted Features of Each Layer for the Input of Character Patterns of Fig. 9.

자 소	방향특징수출층					지획특징수출층					연결특징수출층				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
가	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
나	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
다	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
라	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
리	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
로	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
לו	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ㄴ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ㄷ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ㄹ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ㅁ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ㅂ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ㅅ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ㅇ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ㅈ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ㅊ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ㅋ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ㆁ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

다. 단지 자소 'ㄱ'의 경우에, 자획 '1'은 입력된 화소가 2개이기 때문에 방향특징 '1'이 활성화위값 + 0.1로 미약하며 자획특징 '1'이 아닌 맞춤형 연결특징 '1'이 추출되었다.

표 8. 그림 9의 14개의 자소패턴입력에 대한 자소인식층의 인식결과.

Table 8. Recognition Results of Character Recognition Layer for the 14 Character patterns of Fig. 9.

출력	입력	입력 자소 패턴													
		가	나	다	라	리	로	לו	ㄴ	ㄷ	ㄹ	ㅁ	ㅂ	ㅅ	ㅇ
가	1	+.5	-.3	-.4	-.3	-.5	-.0	-.4	-.3	-.4	-.2	-.4	-.4	-.3	-.3
나	2	-.3	+.5	-.4	-.2	-.5	-.6	-.4	-.3	-.4	-.2	-.4	-.4	-.3	-.3
다	3	-.2	-.2	+.5	-.2	-.5	-.6	-.4	-.2	-.4	-.4	-.4	-.3	-.1	-.2
라	4	-.2	-.3	-.4	+.2	-.5	-.6	-.4	-.3	-.4	-.2	-.4	-.4	-.3	-.3
리	5	-.2	-.2	-.4	-.2	+.5	-.6	-.4	-.2	-.4	-.2	-.4	-.4	-.2	-.2
로	6	-.2	-.2	-.4	-.2	-.6	+.5	-.4	-.2	-.4	-.2	-.4	-.4	-.2	-.2
לו	7	-.3	-.3	-.4	-.2	-.5	-.6	+.5	-.3	-.4	-.3	-.4	-.4	-.3	-.3
ㄴ	8	-.3	-.3	-.4	-.2	-.5	-.6	+.4	+.5	-.4	-.2	-.4	-.4	-.3	-.3
ㄷ	9	-.2	-.2	-.4	-.2	-.4	-.5	-.4	-.2	+.5	-.2	-.3	-.4	-.2	-.1
ㄹ	10	-.2	-.2	-.3	-.2	-.5	-.6	-.4	-.2	-.4	+.3	-.4	-.3	-.1	-.2
ㅁ	11	-.2	-.2	-.3	-.3	-.4	-.5	-.3	-.2	-.3	-.2	+.5	-.3	-.2	-.1
ㅂ	12	-.2	-.2	-.3	-.2	-.5	-.6	-.4	-.2	-.4	-.4	-.4	+.5	-.1	-.2
ㅅ	13	-.2	-.2	-.2	-.2	-.5	-.5	-.4	-.2	-.4	-.3	-.4	-.2	+.5	-.2
ㅇ	14	-.2	-.2	-.3	-.2	-.2	-.4	-.3	-.2	-.1	-.2	-.1	-.3	-.2	+.5

표 8은 그림 9의 14가지 자소패턴에 대한 자소인식층의 인식결과를 기록한 것으로서 자소가 끝나는 시점에서 순서버퍼에 저장된 자획특징과 연결특징을

처리한 자소인식층의 활성화위값을 나타낸 것이다. 각 자소패턴과 자소를 나타내는 노드는 대각선에 위치하므로 대각선에 있는 활성화위값이 가장 크면 된다.

각 입력 자소패턴에 대하여 대각선상에 위치한 자소인식층의 노드들이 가장 큰 활성화위값을 나타내고 있다.

표 8에 의하면 본 연구에서 구성한 한글자소 인식시스템은 그림 9의 14가지 입력에 대하여 잘 인식하고 있음을 알 수 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 자획단위의 구조적 인식방법으로 온라인 한글인식을 위한 한글자소 인식시스템을 신경회로망을 이용하여 구성하였다. 신경회로망은 시각계의 선조피질의 구조를 모방하였으며 마스크필드 모델을 사용하였다. 한글자소 인식시스템을 신경회로망으로 구성함에 따라 실시간병렬처리가 가능할 수 있으며 자소인식 뿐만 아니라 자소에 내포된 방향특징, 연결특징 등의 특징추출도 처리할 수 있었다. 인식시스템은 입력패턴의 여백을 제외한 자획이 쓰여진 부분으로부터 부분패턴을 분리하여 처리하였기 때문에, 정보가 있는 부분에 집중하여 처리함으로써 처리시간을 줄이고 특징추출을 용이하게 할 수 있었다. 먼저 방향특징을 이용하여 자획을 인식하였고, 자소인식을 위하여 자획특징과 연결특징을 함께 이용하였다. 수용영역을 적절히 설정함으로써 특징정보를 추출할 수 있었다.

구성된 자획인식 신경회로망은 시뮬레이션을 통하여 방향 및 연결특징을 추출하였으며 예시된 14가지 자소를 구분할 수 있음을 확인하였다.

시뮬레이션은 출력을 위한 미분방정식을 수치해석적으로 계산하였으나, 시스템을 실제 회로로 제작한다면 비동기회로이므로 병렬처리되어 지연이 없이 인식될 것으로 기대된다.

인식된 자소를 문자인식을 위해 이용하기 위해서는 자소인식층의 출력은 일시적으로 보관되거나 순서정보를 인식할 수 있도록 해주면 된다. 자소와 자소간을 분리하는 정보를 인식하게 된다면 자소인식의 결과를 이용하여 한글오토마타를 구성하면 문자인식도 가능하다. 또한 이러한 한글오토마타를 신경회로망으로 구성하는 연구가 요구된다.

參 考 文 獻

[1] 김진형. "Note Pad 컴퓨터 개발 방향." 전자

- 공학회지, 제 18 권, 제 7 호, pp. 440 - 446, 1991. 7.
- [2] 이광로, 정희성, 김명원, "문자 인식에 관한 연구," 전자통신동향분석, pp.124 - 142, 1989. 7.
- [3] C.C. Tappert, C.Y. Suen, T. Wakahara, "The state of the art in on-line handwriting recognition," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 12, no. 8, pp. 787 - 808, August 1990.
- [4] 이승호, 김진형, "문자 인식에서의 신경망," 전자계산연구회 컴퓨터 기술, 제 6 권, 제 1 호, pp. 39 - 44, 1989. 6.
- [5] 박영환, 방승양, "신경 회로망을 이용한 한글 인식에 관한 연구 현황," 통신학회지, 제 7권, 제 3호, pp 175 - 181, 1990. 6.
- [6] D.E. Rumelhart and D. Zipser, "Feature discovery by competitive learning," PDP, vol. 1, pp. 151 - 193, 1987.
- [7] M.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, pp. 1866 - 1891, 1987.
- [8] T.K. Fukushima, "Neural network model for selective attention in visual pattern recognition and associative recall," Applied Optics, vol. 26, no. 23, pp. 12 - 13, Dec. 1987.
- [9] 김길중, 최석, 남기곤, 윤태훈, 김재창, 박의열, 이양성, "온라인 한글인식을 위한 특징추출 신경망에 관한 연구," 한국통신학회 논문지, 제 17권, 제 2호, pp. 159 - 167, 1992. 2.
- [10] 최석, 김길중, 남기곤, 윤태훈, 김재창, 박의열, 이양성, "신경망을 이용한 온 라인 한글 자소 인식에 관한 연구", '92 신경회로망 연구회 학술발표대회, pp. 23 - 26, 1992. 5.

著 者 紹 介



許 萬 鐸(正會員)

1953年 11月 4日生. 1975年 2月 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1982年 2月 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1990年 3月~현재 부산대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학중, 1980年 3月~현재 부산공업대학교 전자공학과 교수. 주관심분야는 신경망에 의한 신호처리이며 음성인식 및 영상인식 등임.



崔 碩(正會員)

1960年 10月 20日生. 1989年 2月 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1991年 2月 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1991年 3月~현재 부산대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학중. 1991年 3月~현재 동의공업전문대학 전임강사. 주관심 분야는 신경망에 의한 패턴인식 등임.



金 吉 重(正會員)

1949年 3月 9日生. 1975年 8月 부산대학교 전자공학과 졸업(학사). 1980年 2月 동아대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1992年 2月 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사). 1978年 2月~1993年 2月 경남전문대학 전자과 근무. 1993年 2月~현재 동서공과대학교 전자공학과 교수 주관심분야는 영상처리, 패턴인식, 신경회로망 등임.

南 基 坤(正會員) 第 30號 B編 第 1號 參照
현재 부산대학교 전자공학과 교수

李 種 赫(正會員) 第 29號 B編 第 10號 參照
현재 부산대학교 전자공학과

尹 台 燾(正會員) 第 30號 B編 第 1號 參照
현재 부산대학교 전자공학과 교수

金 在 昌(正會員) 第 30號 B編 第 1號 參照
현재 부산대학교 전자공학과 교수

李 梁 成(正會員) 第 29號 B編 第 10號 參照
현재 부산대학교 전자공학과