

## 신경회로망을 이용한 한글 문자인식 기술

李熙健, 成台珍, 方勝楊  
浦項工科大学 電子計算學科

### I. 서 론

인공지능은 지난 30여년 동안 놀라운 속도로 발전하여 우리가 일상 생활에서도 그 실체를 느낄 수 있을 정도로 산업 전반에까지 그 응용 분야를 넓히고 있다. 하지만 현재의 인공지능을 사람의 지능과 비교한다면 아직 많은 차이가 있고, 고작해야 아주 좁은 분야에서만 사람의 지능을 흉내내고 있는 실정이다. 인간이 비교적 쉽게 해내는 물체나 음성의 인식과 같은 문제를 기계가 하기 어려운 것은 그 처리방식에 있어서 인간과 기계사이의 차이점이 존재하기 때문일 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위한 인지과학적 접근 방법의 하나로서 인간의 두뇌 구조를 분석하고 그 처리 메카니즘을 규명하여, 그와 같은 구조를 갖는 컴퓨터를 만들고자 하는 신경회로망(neural network)이 새로운 계산 모형으로 등장하였다.<sup>[1]</sup>

신경회로망의 응용 분야로서 가장 활발히 연구가 진행되고 있는 분야의 하나가 패턴 인식(pattern recognition), 특히 문자인식에 관한 연구이다. 인간은 매우 손쉽게 문자를 인식할 수 있지만 컴퓨터를 사용하여 기존의 AI 방식으로 문자를 인식하려면 엄청나게 복잡하게 되며, 따라서 이러한 문자인식 연구 분야는 신경회로망의 장점을 살릴 수 있는 전형적인 예이다. 이미 해외에서는 신경회로망을 사용하여 영문자, 숫자, 일본의 가나문자 등을 대상으로 좋은 연구 성과가 발표되고 있는 상황이며, 국내에서도 인체제 한글 문자인식에 신경회로망을 사용하여 98% 이상의 높은 인식률이 달성됨이 보고되고 있으나,<sup>[10]</sup> 인체제의 경우는 기존의 문자인식 방식으로도 좋은 결과를 얻을 수 있으므로 참된 의미의 신경회로망의 우월성을 입증하기 위해서는 보다 어려운 문제인 인체제 다중활자체나 필기체 문자를 대상으로 그 효용성이 입증되어야 할 것이다.

현재 국내에서도 여러 대학과 연구소를 중심으로 다양한 신경회로망 모델을 이용한 문자인식 연구가 수행되고 있다. 본고는 이러한 제 연구들의 현재 수준과 문제점을 살펴봄으로써 현실적으로 그 필요성이 절실한 한글 문자인식이라는 공통 목표 달성에 보탬이 되고자 한다.

본고는 [31]에서 발표된 한글 오프라인 문자인식 연구 동향을 중심으로, 이후에 발표된 연구와 한글 온라인 문자인식 연구를 추가하였다. 따라서 국내에서 이루어진 신경회로망을 사용한 한글 문자인식 연구가 본 논문의 포함 범위가 된다.

본고의 구성은 우선 제 2장에서 신경회로망의 기본 원리와 주요 기본 모델의 간략한 소개를, 아울러 패턴 분류기로서의 신경회로망의 특징과 잇점을 살펴보았다. 제 3장에서는, 국내의 신경회로망을 사용한 한글 문자인식 연구에 그 범위를 국한시켜 각 연구에서 사용한 신경회로망 모델의 구조와 특징 그리고 채택한 아이디어를 중심으로 장점과 그 문제점을 간단히 소개하였다. 제 4장에서는 이들 개별 연구의 공통점과 차이점을 정리한 후, 향후 중점적으로 해결되어야 하는 문제점과 지향해야 할 연구 방향을 제시하였다. 마지막으로 제 5장에서는 결론을 다루었다.

### II. 문자인식 시스템으로서의 신경회로망

#### 1. 신경회로망의 기본 원리

최초의 상용 신경회로망 컴퓨터를 제작한 바 있는 로버트 헤트 닐슨(Robert Hecht-Nielsen)은 신경회로망을 다음과 같이 정의하고 있다. “신경회로망은 간단한 계산 능력을 가진 처리기(PE:processing element)들이 서로

복잡하게 연결되어 구성된 컴퓨터 시스템으로서 외부에서 주어진 입력에 대하여 동적인 상태 반응을 함으로써 정보를 처리하는 시스템이다.” 이 정의의 관점에서 볼 때 신경회로망 모델은 회로망의 구조, 활성화 함수, 동적 특성, 학습 알고리즘의 네 가지 점으로 특징지어지며 이를 각각 간략하게 설명하면 다음과 같다.

1) 회로망의 구조

신경회로망에서 중요한 구성요소는 노드 또는 PE라 불리는 처리기와 이들 상호간의 연결(connection)이다(그림 1 참조). 노드간의 연결은 방향성 연결선(directed arc)이고 가중치를 가지고 있다. 가중치  $W_{ij}$ 는 노드  $i$ 가 노드  $j$ 에 미칠 수 있는 영향력의 크기를 표시한다. 그러므로 양의 가중치는 흥분시키는 작용을 하고 음의 가중치는 억제하는 작용을 한다. 가중치의 값에 의해 회로망의 동작이 결정되므로 가중치가 전통적인 소프트웨어에서의 프로그램의 역할을 한다. 모든 종류의 Boolean 함수를 적당한 신경회로망을 사용하여 시뮬레이션할 수 있음이 알려져 있다.

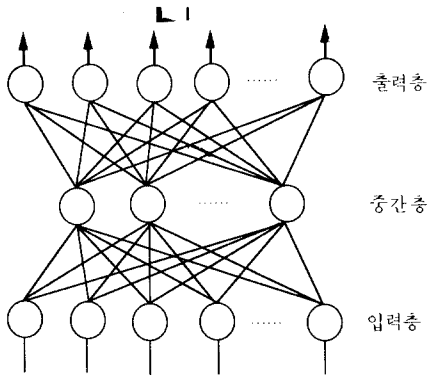


그림 1. 신경회로망의 구조

노드는 네트워크 상의 역할에 따라 입력 노드, 중간 노드, 출력 노드의 세 부류로 나뉘어진다. 입력 노드는 다른 노드로부터 들어오는 연결선이 없고 회로망의 외부로부터 입력을 받아들여 활성화되는데 대부분의 경우 외부의 입력 값을 그대로 출력한다. 출력 노드는 회로망 전체의 출력으로 사용된다. 회로망의 외부로 나가는 출력 연결선은 가중치가 고정되어 있고 일반적으로 그림 1에서처럼 굵은 선으로 표시한다.

입력 노드나 출력 노드에 속하지 않는 노드를 중간 노드라고 부르며 이는 선형 비분리 함수(non-linearly

separable function)와 같은 복잡한 기능을 수행하는 회로망에서 필요하다. 신경회로망을 회로망의 구조에 따라 나누어 보면 방향성 사이클(directed cycle)이 존재하지 않는 전방향 회로망(feedforward network)과 방향성 사이클이 포함되어 있는 역방향 회로망(feedback network)이 있다. 그림 1의 회로망은 전방향 회로망이다.

2) 활성화 함수(activation function)

신경회로망에 존재하는 노드는 뇌에서의 신경세포에 해당하며 활성화값(activation value)이라 불리는 하나의 출력값을 계산하는 작용을 한다. 노드는 그림 2와 같은 구조로 되어 있으며 한 노드의 활성화값은 그 노드에 직접 연결되어 있는 노드들의 출력값과 해당 연결선의 가중치를 이용하여 계산된다. 전형적인 신경회로망 모델에서는 다른 노드들로부터의 입력을 연결선의 가중치를 고려하여 더한 후, 이 결과가 어떤 임계치(threshold)를 초과하는 가를 임계치 함수  $f$ 로 계산하여 초과하면 그 값을 그 노드의 출력값으로 한다. 이러한 임계치 함수는 그 특성에 따라 그림 3과 같이 구분할 수 있다. 노드의 출력값을 계산하기 위해 사용되는 활성화 함수는 위에서 예로 든 임계치 함수 이외에도 여러가지 함수를 사용할 수 있고 하나의 신경회로망에서도 노드마다 다른 활성화 함수를 사용할 수 있다. 활성화값은  $\{0,1\}$  또는  $\{-1,0,1\}$ 와 같은 이산값을 취하기도 하고 연속적인 값을 취할 수도 있다. 그림 2에서 출력 노드  $j$ 의 입력노드  $X_i$ 와의 연결선의 가중치를  $W_{ij}$ 라 하면 각 입력의 가중치 합  $net_j$ 는 다음과 같

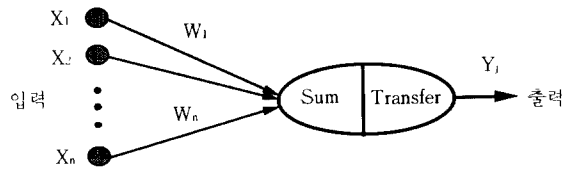


그림 2. 처리기의 구조

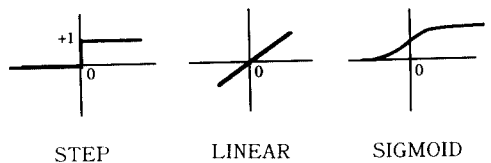


그림 3. 처리기의 활성화 함수

이 구하고,

$$\text{net}_i = \sum_j W_{ij} X_j$$

이 합을 칭해진 전이함수에 적용시켜서 얻은 결과를 노드  $j$ 의 출력으로 한다.

$$y_i = f(\text{net}_i + \theta_i)$$

### 3) 동적 특성

신경회로망 모델은 각 노드들이 언제 활성화값을 계산하고 언제 그 값을 출력하여 다른 노드에 전달하는지를 명시해 주어야 한다. 어떤 모델에서는 노드들을 정해진 순서에 따라 방문하면서 활성화값을 계산하고 다음 노드의 활성화 값을 계산하기 전에 출력값을 전달해 준다. 일부의 신경회로망 모델은 모든 노드가 동시에 활성화값을 새로 계산하고 출력값을 동시에 바꾸어 준다. 그 외에도 랜덤하게 노드를 선택해서 활성화값을 계산하는 것이 있다.

### 4) 학습 알고리즘(algorithm)

신경회로망은 데이터를 보관하기 위한 별도의 기억장치를 가지고 있지 않으며 노드의 기능 또한 기존의 컴퓨터처럼 복잡하지도 않다. 신경회로망에서 지식은 노드들이 어떻게 상호 연결되어 있고 각 연결선의 가중치가 어떠한가에 따라 결정되어 저장된다. 즉 지식이란 특성 장소의 내용이 아니라 회로망 구조 또는 구성의 기능에 의해 반영된다. 이러한 이유로 신경회로망 연구자들을 connectionist라고 하고 신경회로망 모델을 connectionist model이라고 하기도 한다. 신경회로망 모델에서 학습이란 주어진 신경회로망이 우리가 원하는 동작을 수행할 수 있는 가중치를 찾아내는 작업을 의미한다. 이러한 학습은 입력값과 우리가 바라는 출력값을 예를 가지고 가중치를 조정해 나감으로써 수행된다. 노드들간의 연결을 만드는 방법과 이들의 가중치를 조정하여 학습하는 방법에 대한 연구가 현재 신경회로망 연구의 주된 관심 분야이다.

## 2. 패턴 분류기로서의 신경회로망의 장점

신경회로망은 종래의 컴퓨터에서 특히 비효율적인 패턴인식 문제를 효율적으로 해결하는데 매우 적합하다. 그 이유는 다음과 같다.

- 신경회로망은 패턴 인식에 필요한 많은 양의 데이터를 병렬 처리할 수 있다.
- 이러한 신경회로망의 강력한 병렬 처리 능력을 이용하면 인식 대상 문자 수에 상관없이 인식에 걸리는 시간

을 일정하게 할 수 있다.

-신경회로망은 패턴 인식과 같은 수학적 알고리즘의 적용이 곤란한 문제를 학습 방법에 의하여 효과적으로 처리할 수 있다.

-신경회로망은 패턴 인식에 있어 자주 발생하는 잡음이 있거나 애매한 데이터를 효과적으로 처리할 수 있다.

-신경회로망을 이용한 시스템은 학습과 기억을 통하여 문자를 인식하는 동적인 시스템이다. 이러한 동적인 특성으로 인하여 훈련되지 않은 다른 문자체에도 약간의 학습 과정을 통하여 쉽게 적응할 수 있다.

-신경회로망 시스템은 간단한 학습에 의해 개발이 가능하므로 다른 방식에 비해 개발 기간이 훨씬 단축된다.

이처럼 신경회로망은 어느 정도의 변형이나 불완전한 입력에 대해서도 잘 작동하므로 특히 필기체 문자인식에 적합하다.

## 3. 문자인식용 신경회로망 모델

### 1) BP(back propagation)

입력층과 중간층 그리고 출력층으로 구성된 신경회로망을 EBP(error back-propagation)알고리즘을 통하여 필요한 정보를 저장하도록 학습시킬 수 있다.<sup>[2]</sup> BP는 출력의 기대치와 실제값의 오차를 감소하는 방향으로 연결 강도를 조절하고 상위층의 오차를 현재의 연결 강도를 가중치로 하여 다음 하위층에 역전파하며 하위층에서는 이를 근거로 하여 자기층의 연결 강도를 조정해 나간다. 이 신경회로망을 3계층으로 구성할 경우 이론상으로는 어떠한 형태의 패턴도 형성할 수 있으나, 학습시 국소극소(local minimum)에 빠질 우려가 있고, 학습 과정이 너무 오래 걸리고, 또 기억된 패턴의 수정, 추가학습 등이 불가능하다는 단점이 있다. 하지만 이 신경회로망은 구현이 쉽고 학습 방식이 용이하기 때문에 현재 가장 폭넓게 응용되고 있다.

### 2) 네오코그니트론(neocognitron)

일본 NHK 연구소의 Fukushima<sup>[3]</sup>가 제안한 신경회로망 모델인 네오코그니트론은 현재까지 신경회로망 모델을 응용한 문자 패턴인식 모델 중에서 가장 성공적인 것으로 평가되고 있다. 이 모델은 신경회로망 이론을 공학적인 견지에서 패턴인식에 응용한 일종의 인공 신경망으로서 기본적으로는 이진영상의 필기체 문자를 인식하기 위하여 설계된 다층 구조의 영상 분류기이다. 이 모델은 입력 패턴의 위치, 크기 및 형태등의 변형에 대하여 많은 융통성을 갖고서 인식을 수행한다. 그리고 인식해야 할 패턴들을 스스로 학습하는 특성을 갖고 있으며, 또한 한 영상에 복수개의 문자를 포함하고 있는 입력 패

턴을 인식할 수 있는 선택적 집중(selective attention) 기능도 갖고 있다. 즉 전체 노드의 구성을 여러 층의 단순노드(simple cell)와 복합노드(complex cell)로 나누어 단순노드에서는 가능한 모든 특징을 추출하고, 복합노드에서 적당히 융통성 있는 윈도우를 두어 그 범위 내에서 공간적으로 이동된 특징도 발견할 수 있도록 하는 방법을 사용하여 모델 자체가 어느 정도 변형된 입력을 처리하도록 한다.

3) RCE(restricted coulumb energy)

N-dimentional coulumb energy potential 이론을 바탕으로한 연상기억에 효율적인 신경회로망으로써, 연상내용이 저장되어야 될 특정 위치에 에너지 극소점이 놓이도록 에너지 함수를 정의하고, 그것이 함수 내에서 유일한 극소치 임을 보인다는 이완(relaxation)모형이다.<sup>14)</sup> 이 모형은 같은 수의 뉴런으로 많은 정보를 기억시킬 수 있는 장점이 있다. 그리고 BP와는 다르게 한 층에서 발생한 오류가 다른 층에 영향을 주지 않게 학습시킬 수 있는 새로운 학습 알고리즘도 Scofield에 의하여 제안되었다.<sup>15)</sup>

이 모형을 이용하여 Nestor사에서는 2500개의 필기체 한자에 대하여 92% 정도의 인식률을 갖고 있는 문자인식 시스템을 구성하였다.<sup>16)</sup>

4. 문자인식 시스템의 제 분류

일반적으로 문자 인식은 데이터를 얻는 방법에 따라 온라인(on-line) 인식과 오프라인(off-line) 인식으로 구분된다. 온라인 인식은 마우스나 디지털타이저 등을 통하여 동적으로 들어오는 정보를 사용하여 쓰는 동시에 인식하는 것을 말한다. 이러한 정보는 위치와 더불어 시간적인 정보를 함께 가진 획의 순서, 획의 수, 획의 방향 등으로 오프라인에 비해 인식을 용이하게 한다. 그리고 온라인 인식은 쓰는 즉시 인식하므로써 인식이 잘못되었을 경우에는 즉시 교정할 수 있다. 또한 사용자의 필체를 학습함으로써 사용자에게 따라 알맞게 적응할 수 있다. 그렇지만 온라인 인식은 필기 입력을 위해서 디지털타이저 같은 특별한 하드웨어가 필요하고 이러한 장비는 사용하기가 불편하다는 단점을 가지고 있다.

오프라인 인식은 이미 쓰여진(인쇄된) 문자를 스캐너를 통하여 읽어들이어 인식하는 것을 말한다. 여기서는 단지 화상 정보만이 얻어지므로 복잡한 전처리가 필요하며 한번 쓰여진 문자는 다시 데이터로 얻어질 수 없다. 앞으로의 대부분의 이야기들은 이러한 오프라인 인식 기술에 관한 것이다.

또 문자인식은 단일 활자체 인쇄체, 다중 활자체 인쇄

체, 제한 필기체, 상용 필기체, 자유 필기체 순으로 복잡해진다. 특히 한글이나 한자처럼 분류대상 문자수가 큰 경우는 더욱 어려워진다. 한글 문자는 초성 19개, 중성 21개, 종성 28개로 음소의 종류는 많지 않지만 그것의 다양한 조합으로 이론적으로는 1만 여자가 생성 가능하며, 1500자 정도의 문자가 일상 생활에서 사용되고 있다.

특히 한글은 인식 문제에서 다른 문자에 유래가 없는 다음과 같은 특이한 성질이 있다.

-한글은 문자 수가 방대하기 때문에 문자인식이 훨씬 복잡한다.

-자모가 극히 단조롭고, 한 문자가 단순한 자모의 2차원 상의 복잡한 조합으로 구성되기 때문에 대부분의 문자가 유사성(similarity)을 가지고 있다.

-기본자모가 인정 위치에 존재하여, 그 모음의 형태와 종성의 유무에 따라서 6가지의 형태로 분류되는 구조적 특성이 있다.

-더욱 필기체 한글 문자인식에서는 글자 수가 많다는 점과 아울러 무한한 서체의 변형이 가능하다.

전통적인 문자인식 방법은 원형비교 방법(template matching), 통계적 방법(statistics method), 구조적 방법(structural method) 등으로 나눌 수 있다. 특히 필기체의 경우에는 입력 문자 자체에 포함된 상당한 잡음 왜곡과 거의 무한한 서체의 변형이 가능하므로 단순한 원형정합 방법이나 통계적 방법으로는 대처하기 어렵다. 따라서 기존의 대부분의 연구는 구조적 방법을 사용하였는데, 구조적 방법이란 추출된 자획을 정해진 문법에 따라 어느 음소에 해당되는 가를 알아내어 각 음소의 조합으로 문자를 인식하는 방법이다. 구조적 방법은 인식 속도가 빠르고 해석 방법이 체계적이고 논리적이기 때문에 한글 문자와 같이 간단한 자획의 조합으로 구성된 문자인식에 좋은 방법으로 생각되어 왔다. 그러나 이러한 방법은 비록 자획의 변형을 고려하여 문법을 만들지만, 시스템을 설계할 때 고려하지 않은 변형이 발생하면 시스템을 수정하지 않는 한 오인식을 교정할 수 없다. 또한 초성, 중성, 종성이 접촉되는 경우 어느 부분을 분리하여 음소를 추출할 것인가를 결정하는데 어려움이 많아, 잘못 분리하거나 잘못 합병하는 경우가 종종 발생한다. 구조적 방법은 학습 능력의 결핍으로 인해 문자의 변형이 심한 경우는 완전한 방법이 될 수 없다. 학습능력이 결여된 구조적 방법만으로는 이러한 문제점을 해결할 수 없으므로, 자획정합 방식<sup>125)</sup>과 같은 통계적 방식의 중요성이 새롭게 대두되고 있다.<sup>126)</sup> 어쨌든 한글 필기체의 경우는 기존의 방식에서 많은 난관

과 문제점이 노출된 상황이며 이런 점에서 어느 정도의 변형이나 불완전한 입력에 대해서도 잘 작동하는 신경회로망에 대한 기대가 크다 할 수 있다.

한글 문자인식의 접근 방향으로는 문자 레벨에서 인식하는 방식과 먼저 자소를 분할하여 인식한 후 이 자소의 조합에 의해 문자를 결정하는 방식이 있다. 자소분할 인식 방법은 자소의 분리율에 따라 인식이 크게 영향을 받는다. 인쇄된 문자인식에서의 자소 분리율은 상당히 높은 실험 결과가 나왔지만, 필기체 한글 문자의 자소분할 인식은 아직도 많은 연구가 필요하다. 그러나 자소별 분할을 정확하게 할 수 있다면 구조적 방법 뿐만 아니라 기타의 다른 방법에서도 활용될 수 있다. 결론적으로 자소분할 자체가 쉬운 일은 아니지만, 몇 가지 가능한 자소분할 방식을 수행한 후 가장 매칭이 잘 되는 분할 형태를 취할 수 있을 것이다. 자소분할 접근 방식은 한글의 조합적 성격을 잘 반영하여, 최종적으로는 모든 한글 문자를 인식할 수 있게 되므로 그 중요성이 크다 하겠다.

온라인 인식의 경우는 시간적 정보가 추가로 공급되므로 오프라인 인식에 비해 상대적으로 용이하다. 따라서 기존의 방식을 사용하여서도 좋은 결과가 나오고 있지만, 연속으로 쓰여지는 문자를 인식하거나 획순에 제한없이 인식가능하게 하기 위해서는 신경회로망이 진요하게 사용될 수 있다.

### Ⅲ. 국내의 한글 문자인식 연구 사례

#### 1. 신경망 기법을 이용한 다중 크기 및 다중활자체 한글 문서의 인식<sup>1)</sup>

한국과학기술원 전산학과 김진형 교수팀은 BP를 기본 모델로 하여 인쇄체 한글 문자를 대상으로 착실한 연구 진전을 보이고 있다. 먼저 신경회로망을 사용한 한글의 형태분류<sup>2)</sup>를 시발로 하여, 인쇄체 한글 597자를 대상<sup>3)</sup>으로, 다음은 BP의 다양한 개선을 통한 인쇄체 990자를 대상<sup>4)</sup>으로, 현재는 다중 크기 및 다중활자체 문서 인식 시스템의 구현<sup>5)</sup>에까지 도달하였다.

한글처럼 분류대상 문자 수가 많은 경우, 이를 BP를 사용하여 학습시키는 데는 현재의 컴퓨터 능력을 오버하는 엄청난 계산량이 요구된다. 따라서 이 문제점을 극복하기 위해 “신경망 모델을 사용한 한글 문자의 형태 분류”<sup>6)</sup>이라는 논문에서, 이 연구팀은 한글의 구조적 특징을 이용하여 한글 문자를 6개의 형태로 분류하는 연구를 시도하였다.

이 연구 결과를 바탕으로 “경쟁하는 신경망 조직을 이용한 인쇄체 한글 문자의 인식”<sup>7)</sup>이라는 논문에서 이 연구팀은 한글문자의 구조적 특성에 따라 12개의 유형별 신경회로망을 구축하여 자소 단위로 한글을 인식하는 방법을 택하였다. 입력층은 문자 유형에 따라 위치와 모양이 다른 감지영역을 갖고 있으며, 40개의 뉴런을 갖고 있는 하나의 중간층과 각각의 유형에 따라 3내지 30개의 뉴런으로 구성된 출력층으로 전체적인 신경회로망을 구성하였다. 특이할 만한 점은 역방향 연결선을 추가하여 상위층의 뉴런에서 인식한 문자를 입력층에 원형으로 재현하여 입력 패턴과 비교하도록 시스템을 구성하였다는 점이다. 그러나 이 연구에서는 BP가 갖고 있는 기본적인 문제점으로 인하여 학습 시간면이나 인식률면에서 만족할 만한 수준에는 도달하지 못하였다.

이러한 BP의 문제점 해결을 위해 이 연구팀은 “신경망 기법의 현실적 적용을 위한 개선 전략”<sup>8)</sup>이라는 논문에서 학습 알고리즘의 개선을 통한 학습시간의 감소, 변형을 첨가한 학습, 선택적 재학습, 학습된 신경회로망의 연결선 축소등의 방법론을 제시하였으며, 이를 입증하기 위한 실험을 실시하였다. 전체적인 구조는 형태 분류 신경회로망을 통하여 입력 패턴의 형태를 분리해 내고 다음 6개의 형태별 인식 신경회로망을 통하여 인식을 시도하였다. 입력 패턴에는 아무런 전처리도 하지 않고 이진 영상을 그대로 입력으로 사용하였으며, 인식 실험은 누적사용빈도율이 99.8%에 이르는 990자에 대하여 실시하였으며, 형태 분류 인식률은 99.29%에 이르렀고, 인식률은 98.28%에 이르렀다.

마지막으로 “신경망 기법을 이용한 다중 크기 및 다중 활자체 한글 문서의 인식”<sup>9)</sup>이라는 논문에서 이 연구팀은 기존의 연구 결과를 바탕으로 다중크기 및 다중 활자체 인식을 대상으로 하는 문자인식 시스템을 구축하였다. 전체 시스템은 3종류의 신경망-문자추출 신경망, 형태분류 신경망, 그리고 문자인식 신경망-으로 구성된다. 즉 문자결합 신경망과 문자분리 신경망으로 이루어진 문자추출 신경망을 이용하여 문자열로부터 각 문자 영상을 추출한 후, 형태분류 신경망에서 문자 영상을 6가지의 형태로 분류하고, 해당 형태를 처리하는 문자인식 신경망에서 실제 문자를 인식하도록 구성되었다. 또한 문자인식 신경망을 학습시키기 위하여 descending epsilon 방법을 이용한 BP 알고리즘을 사용하였는데 이 방법은 신경망을 모든 입력 영상의 모든 입력 노드에 대해 고르게 학습시키기 때문에 다중 활자체의 변형을 흡수할 수 있다. 그 결과 8가지 활자체의 사용빈도수가 높은 한글 520자를 94% 이상, 그리고 다중 활자체로 구성

된 한글문서를 94.3% 인식함으로써 신경망이 다중 크기의 다중 활자체 한글문서를 효과적으로 처리할 수 있음을 제시하였다.

이 연구팀은 공통적으로 중간층의 각 노드는 문자 형태에 따라 위치와 모양이 다른 감각영역(receptive field)을 지니게 하였으며, 신경망의 입력으로는 가장 간단한 MESH 특징을 사용하였다. 또한 자소별 인식에 의해 문자를 인식하였다.

## 2. 신경회로망을 이용한 인쇄체 한글 문자의 인식<sup>[8]</sup>

이 연구는 서울대학교 제어계측공학과와 최중호 교수팀에 의하여 이루어졌는데, 이 연구에서는 하나의 신경회로망으로 인쇄체 한글인식을 시도하였다. 신경회로망의 구조는 96개의 뉴런을 갖고 있는 입력층과 100개의 뉴런을 갖고 있는 중간층 그리고 49개의 뉴런을 갖고 있는 출력층으로 구성되었다.

이 연구에서는 한글 이진영상의 전처리를 통하여 입력 뉴런의 갯수를 많이 줄였다. 즉 각 글자를 96개의 DC 성분으로 변화하여 신경회로망의 입력으로 사용하였다. 이로 인하여 전체적인 신경회로망의 크기를 크게 감소시켰으며, 더불어 신경회로망의 학습시간도 줄일 수 있다는 장점을 갖고 있다. 인식 실험은 한글 2350자에 대하여 실시하였으며 2337자까지 인식이 가능하였다. 입력 문자에 좌우 변환이 있는 경우에 대하여도 인식을 시도하여 보았으나 그다지 만족스러운 결과를 얻지는 못하였다.<sup>[10]</sup>

따라서 이 연구팀은 방향을 약간 전환하여 계층적인 구조와 가중치 공유기법을 사용한 필기체 한글 문자인식 시스템을 제안하고 구현하였다.<sup>[11]</sup> 즉 문자영상의 특징을 따라 국부연결(local connection)과 계층적인 구조를 갖는 신경회로망을 사용했으며, 학습 알고리즘은 BP를 기본으로 하여 일반화율의 향상을 위해 영상입력의 서로 다른 영역에 연결된 가중치를 공유하는 방법을 사용하였다. 아울러 인식률과 학습속도를 향상시키기 위한 여러 방법을 실험했으며 이에 따라 일반화율이 어떻게 변화하는가를 알아보았다. 이 연구에서는 방대한 계산량으로 인하여, 한글형태 분류 1에 속하는 171자를 대상으로 한 사람의 필체에 대해서만 학습을 시도했다는 한계가 있으나, 이 연구팀은 이렇게 학습된 신경회로망으로 다른 사람이 쓴 문자를 인식했을 때 약 85% 이상의 인식률을 보였으므로 보다 많은 사람의 필체를 동시에 학습시키면 거의 사용자의 필체에 영향을 받지 않는 문자인식 시스템이 가능할 것으로 전망하고 있다. 더욱 신경회로망의 일반화 능력의 향상을 위한 알고리즘

의 개선을 시도하였다는 점에서 주목할만하다.

## 3. 신경망 모델을 이용한 한글 문자의 형태 분류와 인식<sup>[12]</sup>

이 연구는 경북대학교 전자계산기공학과와 김항준 교수팀에 의하여 이루어졌는데, 이 연구에서는 형태 분류 신경회로망을 이용하여 입력된 글자를 중성의 형태에 따라 15가지로 분류하여 다음 단계에서 인식을 시도하는 구조로 되어 있다. 형태 분류를 위한 신경회로망은 400개의 뉴런을 갖고 있는 입력층과 각각 15개의 뉴런을 갖고 있는 하나의 중간층과 출력층으로 구성되어 있다. 그리고 형태별 인식 신경회로망은 15개의 조성, 중성 인식 신경회로망과 7개의 중성 인식 신경회로망으로 구성되어 있다.

이 연구에서도 40×40 크기의 이진 영상을 3×3 마스크를 사용하여 20×20의 영상으로 바꾸는 전처리를 통하여 입력층의 뉴런 갯수를 줄이고 있다. 인식 실험은 누적사용빈도가 높은 상위 510자에 대하여 실시하였으며 형태 분류 인식률은 97.65%에 이르렀고, 인식률은 98.63%에 이르렀다.

## 4. 신경망을 이용한 한글 형태 분류 및 음소 인식<sup>[13]</sup>

이 연구는 부산대학교 전자계산학과와 차의영 교수팀에 의하여 이루어졌는데, 이 연구에서는 한글 필기체 문자인식을 시도하였다. 이를 위하여 17개의 bar를 사용하여 글자의 조직을 얻는 전처리를 한 후 신경회로망의 입력으로 사용하였다. 전체적인 신경회로망의 구조는 자음인식회로망과 모음인식회로망 그리고 형태 분류회로망의 3개로 구성되어 있다.

## 5. Neocognitron 방식을 이용한 인쇄체 한글문자 인식에 관한 연구<sup>[14]</sup>

이 연구는 포항공과대학 전자계산학과와 방승양 교수팀에 의하여 이루어졌는데, 이 연구에서는 자음인식 신경회로망과 모음인식 신경회로망을 기본으로 하여, 이들 신경회로망들이 6가지 형태의 한글 구조에 따라서 적절히 결합되어 있는 복수개의 신경회로망으로 이루어져 있다. 입력 문자가 주어지면 각 형태별 신경회로망이 모두 입력을 받아들여 가장 높은 출력을 발생하는 2개를 선택하여 어떤 임계값보다 작으면 선택된 두 신경회로망의 자모에 대하여 학습시 생성한 표준원형과의 매칭 점수를 계산하여 큰 값을 가지는 출력을 최종 결과로 삼고 임계치 이상이면 최대 출력값을 최종 결과로 삼는다는 부가적인 인식 전략을 갖고 있다. 입력은 세선화의

전처리를 거친 결과를 사용하였다. 인식 실험은 401자에 대하여 실시하였으며, 인식률은 96.7%에 이르렀다.

## 6. 한글 필기체 자모 인식을 위한 신경회로망 모형 연구<sup>[15]</sup>

이 연구는 연세대학교 전산과학과의 이일병 교수팀에 의하여 이루어졌는데, 이 연구에서는 모양이 상당한 정도 왜곡되거나 크기나 위치가 변하여도 어느정도 빠르게 인식할 수 있는 능력이 있는 신경회로망을 구성하여 자음 30자 모음 21자 각각과 합친 자모 51자의 인식을 시도하였다. 각각에 대한 인식률은 모음 92.8%, 자음 85.4%에 이르렀다. 자음을 인식하는 신경회로망에서는 4개의 Us층을 사용하였다. 이 연구를 통해서 네오코그니트론 모형을 이용한 문자인식은 왜곡된 필기체 한글문자 인식에 적절하다고 제시하고 있다.

이러한 자모 인식의 결과를 바탕으로 이 연구팀은 "Hangul Recognition Using Neocognitron With Selective Attention"<sup>[16]</sup>라는 논문에서 한글 문자 인식까지 확장하였다. 한글 문자는 2차원상에 분포하는 자모의 조합에 의하여 구성되므로 네오코그니트론 모델이 제공하는 선택적 주의(selective attention) 메카니즘을 사용하여 순차적으로 자모를 인식하고 이들의 조합에 의해 하나의 문자를 인식할 수 있다. 실험에서는 우선 단순 자모로 이루어지는 문자를 대상으로, 필기체 한글 문자인식에 이 모델이 어느 정도 대처 가능함을 입증하였다. 그러나 논문에서 지적하였듯이 한 문자당 인식 시간(386버전에서 200분)의 엄청난과 문자 '그'를 모음 '으'로 인식하려 하는 자모 분리의 어려움으로 인하여, 단순한 네오코그니트론 모델의 한글 문자의 적용으로는 부족하며 보다 한글의 특성을 반영하는 개선이 요구된다.

## 7. Coulumb Energy Network를 이용한 한글인식 신경회로망<sup>[17]</sup>

이 연구는 충남대학교 전산과학과의 이원돈 교수팀에 의하여 이루어졌는데, 이 연구에서는 6가지 형태의 한글 중에서 '각' 형태만을 택하여 'ㄱ, 口, ㄷ, ㄴ, ㅏ, ㅑ, ㅓ'로만 구성된 한글을 인식하는 신경회로망을 구성하여 실험을 행하였는데, 초성, 중성, 종성의 각각의 자소들 인식할 수 있는 3개의 부분과 각각의 결과를 통합하여 글자를 인식하는 부분으로 되어 있다. 그리고 이 연구에서는 서로 구별이 쉽게되는 패턴에 대한 학습 후, 다시 유사하지만 구별이 되어야 할 패턴을 학습시키는 2 stage 학습 방법을 사용하였다. 입력 자료로는 각 자소가 4×4의 크기이며, 한글 패턴은 8×8 크기로 하였

다. 이 실험에서 인식률은 97%에 이르렀으나, 입력자료가 비현실적이었다는 문제점을 안고 있다.

## 8. HINT : Hierarchical Interaction Architecture for Pattern Recognition<sup>[18]</sup>

이 연구는 한국전자통신연구소의 김명원 박사팀에 의하여 이루어졌는데, 기본 아이디어는 그 제목에서 짐작할 수 있듯이 필기체 한글 문자인식 같은 복잡한 패턴인식 문제는 다양한 처리기의 노드로 이루어진 계층구조 하에서 노드간의 고도의 상호작용에 의하여 이루어진다는 것이다. HINT는 2개의 서브네트 FD-net과 HC-net으로 구성되는데, FD-net은 한글 자모의 인식을, HC-net은 한글 구조상의 특성(6가지의 형태 구조가 있음)을 구현하고 있다. HINT의 중요 특성 중의 하나는 이 2개의 서브네트가 최적의 인식 결과를 얻기 위해 서로 상호작용한다는 점이다. 즉 FD-net에서 탐지된 자모들중, HC-net와의 상호작용을 통해 최적의 한글 구성 형태를 이루는 자모의 조합만이 남게 되며 이를 통해 해당 문자를 판별하게 된다.

FD-net은 기본적으로 역방향 경로를 지닌 네오코그니트론 모델과 유사한데, 최종층의 출력인 자모 인식 결과를 HC-net에 전송하고 다시 HC-net에서 판정된 한글 형태 신호를 받아 해당 형태의 한글 자모를 보다 집중적으로 탐지하도록 밑의 층에 역방향 신호를 보내게 된다. 각 층의 구조와 특징은 네오코그니트론 모델을 참조하면 되며 여기서는 특히 임계치 조절(threshold control)을 통해 해당 형태의 특징점이 탐지되도록 하고 있다.

HC-net은 기본적으로 IAC(interactive activation and competition) 모델과 유사하며, 기본적으로 한글의 6가지 형태를 구별하는 역할을 담당한다. 즉 FD-net 노드와의 협조(excitatory) 및 경합(inhibitory) 연결을 통해 FD-net 인식 결과에 가장 적합한 한글 형태가 선택되며, 다시 이 결과는 FD-net에 전송되어 이 형태의 한글 자모가 집중적으로 인식되도록 FD-net의 가장 밑의 층에까지 역방향 신호가 전송되게 된다.

현재는 간단한 자소로 이루어진 필기체 한글 문자를 대상으로 하여 좋은 결과가 나왔으나, 이 연구팀에 의하면 이를 다수의 한글 문자 인식까지 확장하는데도 기본적으로 큰 문제점이 없다고 하므로 큰 기대가 예상된다. 그러나 IAC 모델의 적절한 학습 방식에 대한 언급이 없으며 복잡한 자모로 이루어진 문자까지 쉽게 확장될 수 있는가라는 문제점이 남는다.

## 9. Preceding Layer Driven 다층 퍼셉트론을 이용한 한글문자 인식<sup>[30]</sup>

이 연구는 경북대학교 정호선 교수팀에 의하여 이루어졌는데, 이 연구팀이 제안한 PLD 퍼셉트론을 사용하여 명조체 한글 522자를 대상으로한 인식시스템을 제안하였다. 제안된 PLD 다층 퍼셉트론 신경회로망은 CMOS 기술로써 칩 구현이 용이하도록 가중치의 값을 정수로 하고 뉴런의 활성화 함수를 계단함수를 사용하였으며, 단층 퍼셉트론의 학습에 기초하여 중간층의 수가 고정되어 있지 않고 학습의 난이도에 따라 은닉층이 증가하는 새로운 학습방법을 사용한다. 즉 이 연구는 문제의 난이도에 따라 동적으로 중간층의 수를 결정하는 새로운 학습 알고리즘과 더욱 이의 칩화를 시도하였다는 점에서 큰 주목을 받을만 하다.

#### 10. 인공 신경망 모델을 이용한 한글 필기체 On-line 인식<sup>[27]</sup>

이 연구는 서울대학교의 컴퓨터공학과와 황희용 교수팀에 의하여 이루어졌는데, 이 연구에서는 pointing-device의 제적을 추적해 입력 패턴의 특징을 추출하여 신경회로망에 입력을 주는 온라인 인식 연구로서 위치 정보와 획의 종류에 관한 정보를 모두 입력으로 사용하여 인식에 완전을 기하려고 시도하였다. 총 17개의 신경회로망을 사용하였으며 이들의 기본적인 구조는 모두 같고 각 획마다 종류 및 위치정보를 표현하는데 8비트를 이용하고 자소의 최대 획수가 8획이므로 64개의 입력 뉴런을 통하여 정보를 신경회로망에 입력시켜 인식을 시도하였다. 그리고 중간층의 뉴런 갯수는 적당히 결정되었으며 출력층의 뉴런의 갯수는 5개로 하여 조합형 코드를 나타낼 수 있게 하였다.

인식 실험은 255자에 대하여 실시하였으며, 71%의 인식을 보였다. 이렇게 낮은 인식을 개선하기 위하여 변형, 애매성 등의 문제를 해결하여 90% 이상의 인식을 이 예상된다는 실험 결과를 보고하고 있다.

#### 11. Sejong-Net<sup>[28]</sup>

이 연구는 연세대학교 선산과학과의 이일병 교수팀에 의하여 이루어졌는데, 마우스 등의 동적 위치정보 입력 기기를 통해 입력되는 문자를 인식하는 다단계 신경회로망 모형으로 동물의 시신경 조직에서 힌트를 얻어 구성된 새로운 모형이다. 전체적인 구조는 동적 입력에서 시간적, 공간적 특징을 추출하고 다시 각각의 국부적인 특징을 조합한 후 획을 인식하고 나아가서 자소에 대한 인식을 한 후 최종적으로 자소의 조합에 의한 음절인식을 시도하고 있다.

인식 실험은 8명의 사람을 대상으로 총 500자의 인식

을 시도하였다. 인식율은 85%에 이르렀다. 이 연구는 새로운 신경회로망을 구현하였다는 점에서도 의의가 있을 것이다.

### IV. 검토 및 향후 연구과제

제 III장에서는 현재 개별적으로 진행되고 있는 신경회로망을 사용한 한글 문자인식 연구를 살펴보았다. 이 중 특히 몇가지 연구는 아이디어면이나 인식률면에서 주목할만하나 전반적으로는 아직 필기체 한글문자 인식의 실용화 수준과는 거리가 있다. 따라서 본 장에서는 이러한 연구들의 큰 흐름과 개별 연구의 공통점 및 차이점을 정리하며, 앞으로 더 나은 한글 문자인식을 위해 공동으로 해결해야 하는 문제들을 제시해 본다.

국내의 신경회로망을 사용한 문자인식 연구는 그 기본 모델을 중심으로 크게 3부류로 나뉘어질 수 있다. 즉 BP를 기본으로 하는 연구, 그리고 네오코그니트론을 기본으로 하는 연구, 그리고 이외의 모델 또는 독자 모델이라고 불릴 수 있는 연구이다.

먼저 BP는 모델 자체가 단순하면서도 여러 응용 분야에서 좋은 결과가 보고됨으로써 가장 광범위하게 채택되는 방향이다. 그러나 한글은 그 분류대상 문자 수가 엄청나므로 이의 단순한 적용은 회로망 자체의 학습 능력을 초과한다는 문제를 지닌다. 이 문제의 해결을 위해 현재까지의 연구는 주로 한글의 특성을 이용하는 방식을 선택하고 있다. 즉 한글은 크게 6가지의 형태로 구분되는 구조적 특성을 지니므로, 이 형태를 각 그룹의 분류 기준으로 사용하여, 먼저 형태분류 신경회로망으로 형태를 구분한 후, 다시 형태별 신경회로망을 동작하는 방식이 대부분 사용된다. III장에서 살펴본 BP를 기본으로 한 모델들(III.1, III.2, III.3, III.4)은 형태분류와 형태별 인식이라는 공동 방식을 취하고 있으며, 단지 차이점은 형태분류를 보다 다양하고 세분화하거나, 신경회로망의 입력으로 각자 독특한 특징들을 사용하거나, 또는 학습 시간을 단축하기 위해 어떠한 개선 등을 행하였는가에 있다. 그러나 필기체의 경우는 형태 분류 자체가 용이한 일이 아니며, 인쇄체의 경우에도 예외의 원인이 형태 분류에서 발생하는 비율이 높으므로 신중한 형태 분류 방식이 요구된다. 특히 필기체의 경우에는 거의 무한에 가까운 변형이 존재하므로 이를 모두 학습에 포함시키는 것은 불가능하다. 이런 의미에서 신경회로망이 지니고 있는 일반화 능력은 더욱 중요한 것이다. 그러나 이 능력이 진정한 의미의 일반화 능력의 획득에 의



한 것인가 아니면 단순한 기억 능력에 의한 것인가는 아직 많은 연구가 필요하다. 이 일반화 능력의 획득을 위해서는 크게 2가지 접근 방향이 있다. 첫번째는 적절한 학습 데이터의 선정 문제이다. 즉 단순히 문자 이미지 자체를 학습 데이터로 사용하지 않고 한글 문자의 식별을 위한 본질을 이루는 요소를 발견하여 이를 학습 데이터로 사용하는 것이다. 즉 일반화 능력의 획득을 위해서는 문제에 관한 풍부한 사전 지식(prior knowledge)이 요구된다는 점이다. 여기서는 이 중의 하나로서 한글 문자의 특징점이나 획의 상대적 관계를 적절히 표현할 수 있는 코딩 방식을 들 수 있다. 이러한 것이 전제되지 않는 학습은 거의 무한에 가까운 학습 데이터를 요구하게 된다. 그러나 이 상대적 관계를 표현하는 방식의 선정이 가장 어려운 일일지도 모른다. 두번째는 모델 자체의 일반화 능력을 향상하기 위해 모델에 일부 개선을 가하는 것이다.<sup>[10]</sup> 현재 BP의 대표적인 문제인, 학습 시간이 너무 많이 걸린다는 점과 국소극소(local minimum)에 빠진다는 문제의 해결을 위해서 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 한글 문자인식의 경우는 이들 문제 이외에 어떻게 해야 더 일반화 능력을 향상시켜 미학습 데이터도 인식할 수 있는가에 보다 중점을 두어야 한다.

두번째 흐름은 필기체 문자 인식에 적합하다고 알려진 네오코그니트론을 기본 모델로 한 연구이다. 네오코그니트론은 입력 패턴의 위치, 크기 및 형태 등의 변화에 대하여 많은 융통성을 갖고서 인식을 수행한다. 따라서 특히 필기체 한글 문자 인식을 대상으로 연구가 진행되고 있다. 네오코그니트론 모델의 핵심은 적절한 학습 패턴의 선정이므로, Ⅲ.5와 Ⅲ.6에서 사용한 학습 패턴은 중요한 의미를 지닌다. 그러나 이 모델에서는 필요로 하는 노드의 수가 많기 때문에 실용적으로 사용하기에는 아직도 많은 문제점을 갖고 있다. 또 특히 한글처럼 분류 대상 수가 많고 문자간의 유사성이 큰 경우, 이는 모델이 제공하는 위치와 크기에 관계없는 문자 인식 능력과 상충될 수 있으므로 어느 정도 패턴을 기억하고 인식해 낼 수 있는 지도 아직은 미지수이다.

마지막의 흐름은 기존의 여러 모델을 계층적으로 연결하여 하나의 대규모 신경회로망을 구축하거나 혹은 한글 문자인식에 적합한 새로운 모델의 생성이다. Ⅲ.7과 Ⅲ.8, Ⅲ.9 그리고 Ⅲ.11이 여기에 해당된다 할 수 있다. 새로운 신경회로망에 대한 연구가 있었다는 것 자체가 의미가 있지만, 앞에서 언급하였듯이 한글은 특성상 단조로운 패턴의 복잡한 조합으로 이루어져 있기 때문에 기존의 신경회로망의 단순한 적용보다는 한글 자체에 적합한 새로운 신경회로망에 대한 연구가 특히 중요

할 것이다. 또 이를 통하여 신경회로망 자체에 대한 연구도 기대할 수 있을 것 같다.

표 I에서는 지금까지 서술된 내용을 간단히 표로 정리하였다.

한글 문자 자체의 특수성도 중요하지만 문자라는 공통된 면도 무시할 수 없다. 따라서 외국에서 많이 연구되는 영문자나 숫자 그리고 가나와 한자를 대상으로 한 연구 결과도 시사하는 바가 클 수 있으므로 많은 관심이 필요할 것이다. 현재 이들 문자의 인식은 신경회로망이 지닌 여러 장점으로 인하여 좋은 결과가 얻어지고 있지만 현재도 위치-크기-회전에 관계없는 문자인식(PSRI : position-scale-rotation-independent) 달성을 목표로 다양한 연구가 진행되고 있다. 기본적으로는 크게 세 가지 접근 방식이 있다. 첫번째 방식은 신경회로망의 학습 능력을 이용하여 모든 상태(가능한 모든 위치-크기-회전-조합 상태)를 학습시킴으로써, 신경회로망이 위치-크기-회전 상태에 관계없이 인식할 수 있게 하는 방식이다.<sup>[11]</sup> 이 방식은 기본적으로 단순하나, 신경회로망에 내재하는 긴 학습 시간에 추가해서 학습데이터가 엄청나게 증가하므로 계산 능력상 문제가 된다. 둘째 방식은 주어진 입력에서 수학적으로 변형에 무관한 특징을 추출하여 신경회로망의 입력으로 사용하는 것으로 Troxel<sup>[12]</sup> 등의 연구가 있다. 이들은 주로 polar, log, discrete, fourier 변환 등을 통해 구해진 특징이나 geometrical feature를 신경회로망의 입력으로 사용하는데 그 자체가 큰 부담일 뿐만 아니라 전체 시스템의 인식률이 전처리 과정에 크게 의존한다는 문제점이 있다. 셋째 방식은 위치-크기-회전에 관계없이 패턴식별이 가능하도록 독특한 신경회로망을 구성하는 것이다. Fukushima의 네오코그니트론(neocognitron)은 이러한 방식의 전형적인 예이며, 이외에도 Widrow<sup>[13]</sup>는 불변망(invariance net)이라는 신경망을 전위(front-end)에 사용함으로써 주어진 입력을 미리 정해진 변형판에 의하여 분산시킨 후, 분류 신경망에서 다시 모아서 입력의 변형을 처리하고자 하였고, Reid<sup>[14]</sup> 등은 high order neural network를 사용하여 이 문제를 해결하려 하였다.

온라인 문자 인식의 경우에는 오프라인 인식에 비해 용이해서 기존의 방식을 사용하여서도 좋은 결과가 나오고 있다. 그러나 아직 많은 어려운 문제들이 있다. 먼저 문자의 특징 추출에 어려움이 있는데 이 문제는 특징 추출기(feature extractor)로서의 성질을 가진 신경망을 사용하면 용이할 것이다. 그리고 온라인 인식에서의 특징인 적응성을 위해서는 적응 학습과 추가학습이 용이하여야 한다. 연속 필기의 인식의 경우에는 문자간의 분

표 1. 한글 문자인식 연구 동향

연구기관	사용모델	대상문자	사용 특징점	인식전략
과학기술원 김진형 교수팀	BP	인쇄체 다중크기 다중활자체	MESH	6 형태 분류 자소단위 인식
서울대 최중호 교수팀	계층구조 신경회로망	필기체 형태 1 171자		가중치 공유
경북대 김항준 교수팀	BP	인쇄체 단일 활자체 510자	3×3 마스크	15 형태 분류 자소단위 인식
부산대 차의영 교수팀	BP	필기체 한글 숫자 15자	17개의 bar	문자단위 인식
포항공대 방송양 교수팀	네오코그니트론	인쇄체 단일 활자체 401자	적합한 특징 선정	6 형태 분류 자소단위 인식
연세대 이일병 교수팀	네오코그니트론	단순 자소 필기체 한글	적합한 특징 선정	selective attention 사용 자소단위 인식
충남대 이원돈 교수팀	RCE	'각' 형태 한글		문자단위 인식
한국전자통신연구소 김명원 박사팀	네오코그니트론+IAC	단순 자소 필기체 한글	적합한 특징 선정	IAC 사용 형태분류 자소단위 인식
서울대 황희용 교수팀	BP	온라인 문자 255자		17개의 신경회로망
연세대 이일병 교수팀	Sejong-Net	온라인 문자 500자		시신경 모델 오토마타 이용
경북대 정호선 교수팀	PLD 다층 퍼셉트론	인쇄체 명조 522자		PLD 퍼셉트론 신경침의 설계

리(segmentation) 문제가 해결되어야 한다. 또한 필기에 대한 제한을 적게하고 자유롭게 쓸 수 있도록 하기 위하여 획의 순서, 획의 수에 무관하게 인식할 수 있어야 하겠다. 인식 알고리즘의 외적인 면으로는 오류가 적고 필기에 편리하도록 디지털이저 장비 기술의 발전이 필요하다.

지금까지 수행되어온 많은 연구에서 모두가 공통적으로 안고 있는 문제점도 있었다. 그것은 각 연구에서 사용한 한글 영상 자료들의 각각 스스로 만든 것으로서 인식을 또한 각각의 자료를 기초로 하여 얻은 것이기 때문에 신뢰도와 응용에의 문제점이 있다. 그러나 우리나라에서는 아직 한글 필기체 문자의 표준 데이터베이스가 없기 때문에 각 연구 결과를 객관적으로 비교할 수 없다. 문자인식 연구의 발전과 연구 결과의 객관적 비교를 위해 표준 데이터베이스의 구축이 시급할 것이다. 또 데이터베이스의 구축은 연구 종사자들에게 학습 패턴의 준비라는 부담을 덜어줌으로서 보다 본연의 문자인식 연구에 집중할 수 있을 것이다. 필기체의 경우는 적절한 필기자의 선정 역시 어렵고도 중요한 문제인데 이 역시

데이터베이스의 구축을 통해 해결될 수 있을 것이다. 일본의 ETL-9<sup>[20]</sup>는 이런 의미에서 참조할만 하다.

또 현재의 모든 연구는 기존 컴퓨터 상에서 소프트웨어적으로 실현한 것으로 참된 의미의 신경회로망의 병렬성을 사용하는 것은 아니다. 따라서 신경회로망 응용분야의 하나인 문자인식 연구와 아울러 이의 뉴러컴퓨팅 내지는 뉴러침화에 관한 연구도 궁극적으로 매우 중요하다 할 수 있다. 즉 제안된 모델 자체가 얼마나 뉴러침화하기 적절한 것인가도 그 평가의 한 항목이 될 수 있다. 이런 의미에서 경북대 정호선 교수팀의 연구<sup>[24, 30]</sup>도 주목할 만하다.

사람이 문자를 인식하는 과정은 복잡한 지적 활동의 필요없이 순식간에 그러면서도 정확히 이루어진다. 사람의 경우도 갓난애기 시절부터 시작하여 문자를 학습하는 고난의 과정을 겪었지만 일단 패턴 인식의 메카니즘이 형성되면 그 이후는 간단한 학습만 이루어지면 문자나 패턴의 인식은 매우 손쉬운 일이다. 따라서 이러한 사람의 시각정보처리 메카니즘과 유사한 또는 이에 기본 아이디어를 둔 모델의 구축은 어렵겠지만 가장 바

람직한 방향중의 하나일 것이다. 물론 신경회로망이 바로 이런 의미에서 중요성이 있는지도 모르지만 아직까지는 실제 사람의 메카니즘과는 거리가 있다 할 수 있다. 이를 위해 심리학 또는 인지과학 종사자들과의 공동 연구도 필요하며 또한 전산분야 종사자들의 이 분야에 대한 보다 적극적인 자세가 요구된다 할 수 있다.

## V. 결 론

이상으로 필자의 눈에 띈 발표된 논문을 통하여 신경회로망 방법을 이용한 한글 문자인식에 관한 연구 동향을 살펴보고 그 사용된 모델을 중심으로 특징과 문제점을 정리하였다.

패턴 인식에의 새로운 접근 방법인 신경회로망을 이용한 문자인식 방법이 제기된 이후 실로 많은 연구가 이루어져 왔다. 본 조사를 통하여 신경회로망을 이용한 한글인식에의 연구도 1989년 이후로 활발하게 이루어지고 있다는 것을 알게 되었다. 현재는 대체로 인쇄체 문자인식에 많은 연구가 있어왔는데, 앞으로는 정적인 필기체 문자인식에 보다 많은 연구가 이루어져야 한다고 생각한다. 왜냐하면 인쇄체 성도는 기존 방법으로서도 충분히 실용적인 인식률을 얻을 수가 있어 신경회로망 방법의 장점은 역시 필기체 인식에 있기 때문이다.


특히 분류 대상 문자수가 많으면서도 그 변화와 서체가 무한한 필기체 한글 문자인식을 해결하기 위해서는 필기체 한글에 적합한 특징을 선정하거나, 필기체 한글에 적합하도록 기존 모델의 개선 또는 새로운 모델의 제안으로 요약된다 할 수 있다. 전자는 모델 자체 보다 학습과 일반화가 용이한 학습 데이터의 생성에 주안점을 두는 것으로 적절한 전처리와 아울러 영문자나 숫자에서 사용한 다양한 특징들 외에 한글 고유의 특성과 구조를 반영하는 특징 발견이 중요하다 할 수 있다. 후자는 신경회로망에 초점을 두는 것으로 신경회로망 자체가 보다 문제에 적합한 일반화 능력을 획득하도록 혹은 보다 사람의 시각 메카니즘과 유사한 모델이 되도록 하는데 관심을 갖는 것이라 할 수 있다. 특히 한글은 특성상 단조로운 패턴의 복잡한 조합으로 이루어져 있기 때문에 기존의 신경회로망으로도 좋은 연구가 이루어질 수 있겠지만 이에 적합한 새로운 신경회로망에 대한 연구도 활발하게 이루어져야 할 것으로 생각한다. 지금까지 인쇄체 인식을 통해 얻은 경험과 기술을 바탕으로 앞으로 본격적인 필기체 인식 연구가 전개되기를 기대한다.

본 논문에서 언급한 연구 사례는 본 연구실에서 입수 가능한 논문을 중심으로 하였으므로 혹시 우수한 연구 성과가 누락되어 있을는지 모르는 점에 대해 양해를 구한다.

\* 본 연구는 한국과학재단 과제번호 88010102 “로보트 지능제어” 연구의 일환으로 이루어진 것으로서 지원을 아끼지 않으신 모든 분들에게 감사드립니다.

## 參 考 文 獻

- [1] DARPA Neural Network Study Oct. 1987- Feb., AFCEA International Press, 1988.
- [2] D.E.Rumelhart, G.E.Hinton, and R.J.Williams, “Learning Internal Representation by Error Propagation”, Parallel Distributed Processing : Explorations in the Microstructure of Cognition, vol.1 : Foundations, pp.318-362. Cambridge, MA : Bradford Books, MIT Press, 1986.
- [3] K.Fukushima, S.Miyake, and T.Ito, “Neocognitron : a neural network model for a mechanism of visual pattern recognition”, IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics, vol. SMC-13, pp.826-834, 1983.
- [4] C.M.Bachmann, L.N.Cooper, A.Dembo, and O.Zeitouni, “A Relaxation Model for Memory with High Density Storage”, Proceeding of National Academy Science, USA 21, pp.7529-7531, 1987.
- [5] C.L.Scofield, “Learnign Internal Representations in the Coulomb Energy Netwrok”, Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks, 1988.
- [6] Douglas L.Reilly, Christopher Scofield, Charles Elbaum, Leon N.Cooper, “Learning System Architectures Composed of Multiple Learning Modules”, Nestor Inc.
- [7] 권재욱, 조성배, 김진형, “신경망 기법을 이용한 다중 크기 및 다중 활자체 한글문서의 인식”, 제3회 영상처리 및 이해에 관한 워크숍 논문집, pp.129-136, 1991년 2월.
- [8] 이동현, 조원규, 양현승, “신경망 모델을 사용한 한글 문자의 형태분류”, 한국정보과학회 춘계 학술발표논문집, pp.215-218, 1989.

- [9] 고병기, 김진형, 양현승, “경쟁하는 신경망 조직을 이용한 인쇄체 한글 문자의 인식”, 제1회 영상처리 및 이해에 관한 워크숍 논문집, pp.127-134, 1989년 1월.
- [10] 조성배, “신경망 기법의 현실적 적용을 위한 개선 전략”, 석사학위논문, 한국과학기술원, 1990.
- [11] 김상우, 진윤호, 최종호, “신경회로망을 이용한 인쇄체 한글 문자의 인식”, 전자공학회논문지, pp.228-234, 1990년 2월.
- [12] 김병기, 김향준, “신경망 모델을 이용한 한글 문자의 형태 분류와 인식”, 한국정보과학회 추계 논문발표집, pp.303-306, 1989년 10월.
- [13] 김명원, 박장민, 배현주, 차의영, “신경망을 이용한 한글 형태 분류 및 음소 인식”, 한국정보과학회 추계 논문발표집, pp.697-700, 1989년 10월.
- [14] 김화룡, 방승양, “Neocognitron 방식을 이용한 인쇄체 한글문자 인식에 관한 연구”, 한국정보과학회 춘계 학술발표논문집, pp.223-226, 1990.
- [15] 김태천, “한글 필기체 자모 인식을 위한 신경회로망 모형 연구”, 석사학위논문, 연세대학교 대학원, 1990.
- [16] Yillbyung Lee. “Hangul Recognition Using Neocognitron with Selective Attention”. Proceedings of the International Conference on Fuzzy Logic & Neural Networks, pp.319-323, 1990.
- [17] 이경희, 이원돈, “Coulomb Energy Network를 이용한 한글인식 신경회로망”, 한글 및 한국어정보처리 학술발표논문집, pp.267-271, 1989.
- [18] Myung Won Kim. “HINT : a Hierarchical Interaction Architecture for Pattern Recognition”, 제3회 영상처리 및 이해에 관한 워크숍 논문집, pp.121-128, 1991년 2월.
- [19] H.Yang, C.Guest. “Performance on backpropagation for rotation invariant pattern recognition”, IEEE First International Conference on Neural Network, San Diego California, vol.IV, pp.365-370, 1987년 6월.
- [20] Trxel, Rogers, and Kabrisky, “The use of neural networks in PSRI target recognition”, IEEE International Conference on Neural Networks, San Diego, vol.I, pp.593-600, 1988년 6월.
- [21] B.Widrow and C.Guest. “Nerual Nets for Adaptive Filtering and Adaptive Pattern Recognition”, IEEE Computer, pp.25-39, 1988년 3월.
- [22] M.Reid, L.Sprikovska, and E.Ochoa, “Rapid training of higher-order neural networks for invariant pattern recognition”, IJCNN, Washington DC, vol.I, pp.689-692, 1989년 6월.
- [23] T.Saito, K.Yamamoto, H.Yamada, “On the Data Base ETL9 of Handprinted Characters in JIS Chise Characters and Its Analysis”, 일본 전자통신학회논문지, vol.J68-D, no.4, pp.757-764, 1985년 4월.
- [24] 남호선, 정호선, “영문자 인식 및 전처리용 신경칩의 설계”, 한국통신학회논문지, vol.15, no.6, pp.455-465, 1990년 6월.
- [25] 하진영, “학습 기능을 이용한 필기체 한글 인식”, M.S.Thesis, Dept. of CS, KAIST, 1990.
- [26] 박영환, 방승양, “신경회로망을 이용한 적응적 패턴 분류기(APC)의 구현”, 한국정보과학회 추계 학술발표논문집, pp.827-830, 1990년 10월.
- [27] 최성훈, 권희용, 황희용, “인공 신경망 모델을 이용한 한글 필기체 On-line 인식”, 한글 및 한국어정보처리 학술발표논문집, pp.126-131, 1989.
- [28] 정아연, “동적 문자인식을 위한 신경망 모형 Sejong-Net의 설계”, 석사학위논문, 연세대학교 대학원, 1990.
- [29] 전윤호, 최종호, “가중치가 공유된 계층적 구조의 신경회로망에 의한 필기체 한글문자의 인식”, 제2회 신경회로망연구회 연차 총회 및 학술대회, pp.42-47, 1991년 6월.
- [30] 백승엽, 김중훈, 정호선, “Preceding Layer Driven 다층 퍼셉트론을 이용한 한글문자 인식”, 전자공학회논문지-B, vol.28-B, no.5, pp.65-76, 1991.
- [31] 이희건, 방승양, “신경회로망을 이용한 오프라인 문자인식 연구 동향”, 정보과학회지, vol.9, no.1, pp.33-43, 1991. 

筆者紹介



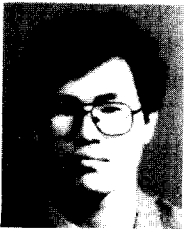
李 熙 健  
 1959年 2月 12日生  
 1983年 서울대학교 토목공학과  
 (학사)  
 1989年~현재 포항공과대학교  
 전자계산학과에 재학중

1985年~1988年 주식회사 상운 근무



方 勝 楊  
 1942年 5月 8日生  
 1966年 일본 Kyoto대학 전기공학  
 (학사)  
 1969年 서울대학교 전기공학  
 (석사)  
 1974年 University of Texas  
 전산학(박사)

1981年~1984年 한국전자기술연구소 실장 및 부장  
 1984年~1986年 (주)유니온 시스템 연구소 소장 역임  
 1986年~현재 포항공과대학 전자계산학과 교수



成 台 珍  
 1967年 8月 17日生  
 1989年 부산대학교 전자계산학과  
 (학사)  
 1990年~현재 포항공과대학교  
 전자계산학과 재학중