

인쇄체 숫자와 필기체 숫자의
효율적인 통합인식 시스템에 관한 연구

Study About A Efficient Total
Recognition System of Hand
written and Printed Numerals

엄상수 · 김종석 · 홍연찬

Sang-su Ohum, Jong-suk Kim, Yeon-chan Hong

인천대학교 전자공학과

ABSTRACT

In this paper, we propose efficient total recognition system of handwritten and printed numerals for enhancing the classification time. The proposed system consist two step neuroclassifier: Printed numerals classifier and Handwritten numerals classifier. The performance of the proposed classifier was tested on 5000 handwritten numerals database of NIST and 1000 printed numerals database. In case of handwritten classifier, the overall classification times were 11 second. And in case of proposed system, the overall classification times were reduced by half

I. 서 론

현대 사회가 고도화된 정보사회로 급진적으로 발전해 감에 따라 많은 양의 문서정보

를 신속하게 처리하기 위한 문서의 자동입력 및 인식에 관한 연구가 활발하게 진행되고

있다. 특히 숫자는 문서에 있어서 분류를 위한 코드로 이용되거나, 또는 금액이나 검색 키로써 활용되므로 문자 인식에서 많은 부분을 차지하고 있다.

따라서 인쇄체 숫자 또는 필기체 숫자의 오프라인 인식 시스템은 우편봉투의 자동분류, 전표나 민원 서류와 같은 각종 서식의 입력 자동화 및 인식 등 여러 분야에 적용할 수 있으나, 실용화 단계까지 해결해야 할 많은 문제를 안고 있다. 이러한 문제는 필기체 숫자의 다양한 형태의 변형에도 인식 성능을 높일 수 있는 최적의 특징을 찾는 것이며, 또한 단일 인식기를 사용하기보다는 인식률의 개선을 위하여 다양한 특징을 조합한 복합 특징을 복수의 알고리즘을 이용한 다중 결합 구조의 인식기로서 효과적인 시스템을 구성하는 것이다[1].

문자인식을 위한 시스템의 설계방법으로 인식기의 종류는 문자를 원형 패턴과 입력 패턴의 화소 비교 특징에 근거한 템플릿 비교방법(template matching method)[2], 문자를 구성하는 화소의 통계적 특징에 근거한 통계적 방법(statistical method)[3], 문자의 구문과 구조에 근거한 구조적 방법(structural method)방법[4] 및 신경 회로망(neural network)을 이용한 방법[5]등으로 나눌 수 있다.

그 중에서 신경회로망을 이용한 방법은 고밀도의 병렬성에 의한 고속의 계산이 가능하며, 경험에 의한 학습으로 계산 절차를 나타내는 프로그램이 불필요하다. 또한 대부분의 뉴런이 국부적인 연결성을 지니고 있으므로 몇 개의 뉴런 또는 뉴런간의 연결이 손상되어도 전체 시스템의 성능에는 커다란 영향을 끼치지 않는 결함허용(fault-tolerance)을 가지며, 복잡한 문제에 대한 근사해를 신속히

찾아낼 수 있는 특성 등으로 패턴 인식 등에 효율적인 시스템이라고 할 수 있다[6,7]. 그리고 단일 인식기의 구현의 어려움과 계산의 복잡성 및 정확도 문제 등을 고려하여 단일 인식기를 다수개의 부인식기들로 나누고, 각 부인식기의 입력으로 고차의 입력 벡터를 다수개의 저차 벡터로 분할하여 사용함으로써 단일 인식기의 한계성과 서로 다른 입력 특징들간의 보완성을 충족시킴으로써 신뢰성이 높은 인식기를 구성할 수 있다[8].

최근에 활발히 연구되고 있는 숫자 인식은 인쇄체 숫자인식과 필기체 숫자인식으로 나눌 수 있으며, 정해진 활자체의 인쇄체 문자 인식은 거의 실용화 단계에 이르렀고 필기체의 경우도 현재 실용화를 위한 많은 연구가 이루어지고 있다. 그러나 필기체 인식 시스템의 경우에 있어서 고차의 특징벡터 추출은 저차 특징벡터로 인식 가능한 인쇄체 숫자 인식에 대해 속도 및 효율면에서 용이하지 않다.

따라서 본 연구에서는 이러한 요구 조건을 만족하기 위하여, 일반적으로 일정한 패턴을 유지하는 인쇄체에 대해서는 망 특징벡터를 통한 전역적인 특징으로 단일 신경회로망을 사용하여 저차 연산으로 인식 가능한 인쇄체를 인식하며, 이러한 인쇄체 분류기에서 기각된 숫자, 즉 필기체에 대해서는 국부적인 특징을 추출하는 윤곽선을 이용한 4방향 특징벡터와 인쇄체 분류기에서 추출된 전역적인 탐색의 특징을 가지는 망특징 벡터의 복합특징을 이용하여 필체에 따라서 변형이 심한 인쇄체의 특성을 흡수할 수 있도록 하였으며, 인식기로는 최근 연구에서 제시된 클러스터 역전과 신경망을 이용하여 고차의 입력 벡터를 다수개의 저차 벡터로 분할하고, 서로 다른 입력 특징들간의 보완성을 충

족시킬 수 있는 신뢰성이 높은 인식기를 사용하여 구성하였다.

본 연구에서는 인쇄체 인식기와 필기체 인식기를 구성하여 인쇄체와 필기체를 구분 인식함으로써 인쇄체로 구분된 숫자는 단일 신경망 인식기를 이용하여 저차 연산으로 분류하고, 기각된 필기체로 구분된 숫자는 최근 연구에서 제시된 복합특징 입력의 클러스터 신경망을 이용하여 고차연산으로 분류하는 속도 면에서 효율적인 신경망 분류기를 제안한다.

II. 본 론

1. 인쇄체와 필기체 숫자의 효율적인 분류를 위한 제안된 방법

본 연구에서 제안된 숫자 인식기는 인쇄체 인식기와 필기체 인식기로 구성된다. 입력된 숫자영상은 정규화 과정과 망 특징 추출 과정을 통하여 인쇄체 인식기에 입력된다. 인쇄체 분류기에서 인식된 숫자는 출력으로 출력되며, 기각된 숫자는 4방향 특징 추출과 인쇄체 분류기에서 추출된 망특징과 함께 클러스터 신경망으로 구성된 필기체 인식기에 입력된다. 따라서 인쇄체에 대해서는 입력 패턴이 거의 일정하므로 망 특징을 이용한 전역적인 탐색과 단일 신경망 인식기의 저차 연산으로 빠른 분류를 할 수 있으며, 필기체의 경우는 필기체의 다양한 변형을 흡수할 수 있는 4방향 특징과 망특징의 복합 특징을 이용하여 고차 연산으로 정확한 분류를 할 수 있도록 구성하였다. 그림1은 분류 과정을 나타낸다.

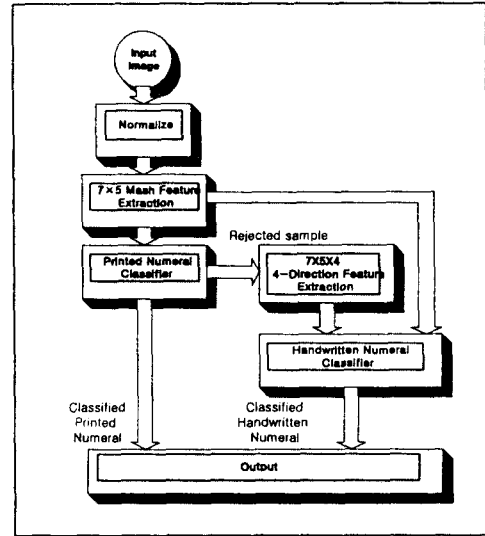


그림 1. 제안된 분류기의 구성

1.1 인쇄체 분류기

망특징은 숫자 영상을 수직과 수평으로 균등한 크기나 비균등적 크기의 부 영역으로 나누어 각 부 영역에 대하여 획의 수를 누적하여 특징으로 이용한다. 이 특징은 획의 이동에 약한 단점을 가지고 있으나 인쇄체의 경우에는 획에 따른 입력 패턴이 거의 일정하므로 망 특징을 통한 전역적인 탐색으로 인식이 가능하다.

본 연구에서는 인쇄체 인식기를 구성하기 위해 입력 영상에서 7×5 크기의 망 특징을 추출하여 단일 다층퍼셉트론(MLP : Multi Layer Perceptron) 신경망 인식기의 입력으로 사용하였다. 신경망의 학습은 오류역전과 알고리즘의 느린 학습시간을 개선하기 위해 Fahlman이 제안한 수정된 오류 역전과 알고리즘을 사용하였으며, 유니트의 출력 함수로는 다음과 같은 시그모이드 함수를 사용하였다.

$$y = \frac{1}{1 + e^{(-\sum wx + bias)}}$$

여기서 y 는 비선형 출력함수의 출력값이며, w 는 이전 노드의 가중치이고 x 는 입력값이다. 가중치의 갱신은 일반화된 델타법칙을 이용하였으며 다음과 같은 식에 의해 이루어진다.

$$\Delta w(n) = -\eta \frac{\partial E}{\partial w} + a \Delta w(n-1)$$

위 식에서 n 은 학습 횟수를 나타내고 a 는 모멘텀을 나타낸다. 그리고 E 는 기대값과 출력값 사이의 차를 제공한 값이다.

신경회로망의 출력층은 숫자의 종류인 10개로 구성되는데, 분류된 숫자를 가르키는 활성화 노드는 '1'로 나머지는 '0'이 되도록 학습시켰다. 학습은 인쇄체와 필기체에 대하여 수행되었으며, 필기체 입력 패턴에 대한 오류를 줄이고 기각률을 높이기 위해 출력층 유니트의 임계치를 높게 설정하였다. 인쇄체 인식기의 유니트 수는 68개로 구성된다. 그림2는 인쇄체 인식을 위한 인식기의 구현도를 나타낸다.

1.2 필기체 분류기

필기체는 필체에 따라 획의 변화 및 변형이 심하다. 따라서 인식에 필요한 중요한 정보의 손실을 최소화하는 특징 추출기를 설계하여 특징 벡터를 추출할 필요가 있다.

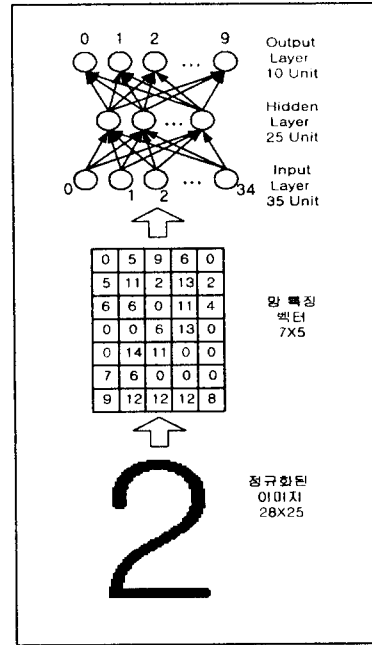


그림 2. 인쇄체 분류기의 구현

필기체 숫자의 경우 특정 방향으로선분이 존재하는가에 의해 구별될 수 있으므로 선분에 방향에 대한 존재 여부를 일반화된 특징 벡터로 사용할 수 있다. 이러한 특징 벡터를 추출하기 위해서 Kirsch 마스크를 이용한 에지 검출 방법으로 4방향에 대한 방향 정보를 추출하였다. 그림3은 4방향 성분의 국부적인 특징 벡터 추출에 사용되는 Kirsch 마스크를 보여준다.

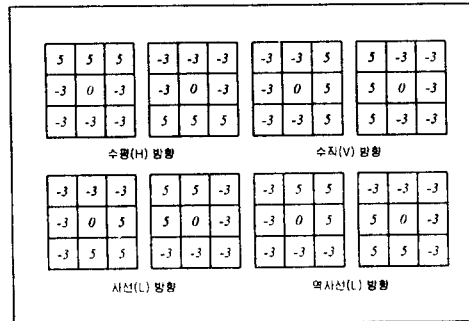


그림 3. 4방향 성분 추출을 위한 Kirsch 마스크

필기체 숫자 인식에 있어서 단일 특징 만으로는 높은 인식률을 기대하기 어려우며, 인식률의 개선을 위해서는 다양한 특징을 조합한 복합 특징을 사용해야 한다.[9] 따라서 국부적인 특성을 가지는 4방향 특징 벡터와 인쇄체 분류기에서 추출된 전역적인 특성의 망 특징 벡터를 조합한 복합특징을 신경망의 입력으로 사용하였다. 단일 인식기의 한계성과 서로 다른 입력 특징들간의 보완성을 충족시키기 위해 최근 연구에서 제시된 클러스터 신경망을 사용하여 구성하였다. 클러스터 신경망이란 각 층에 있는 유니트들이 여러개의 군집으로 군집화 되고, 상위층과 하위층에 있는 군집이 서로 쌍을 이루어 국부적인 네트워크를 구성한 신경망을 의미하며 각각의 국부적인 네트워크는 서로 독립적으로 완전연결된다[10].

그림4는 특징 추출과정과 3층 클러스터 신경망 인식기의 필기체 분류기를 보여준다. 그림에 보인바와 같이 필기체 분류기는 5개의 국부적인 네트워크로 출력층에서 서로 완전연결된다. 출력층은 모두 10개의 유니트로 구성되며 학습은 인쇄체 인식기와 동일한 방법으로 Falhman이 제안한 수정된 오류역전파 알고리즘을 이용하여, 일반화된 델타법칙으로 가중치를 갱신하였다.

2. 실험 및 결과 분석

2.1 실험 환경

본 연구에서 제안된 방법의 성능을 객관적으로 검증하기 위하여, NIST의 필기체 데이터 베이스와 자체적으로 구성된 인쇄체 데이터 베이스에 대하여 인식 실험을

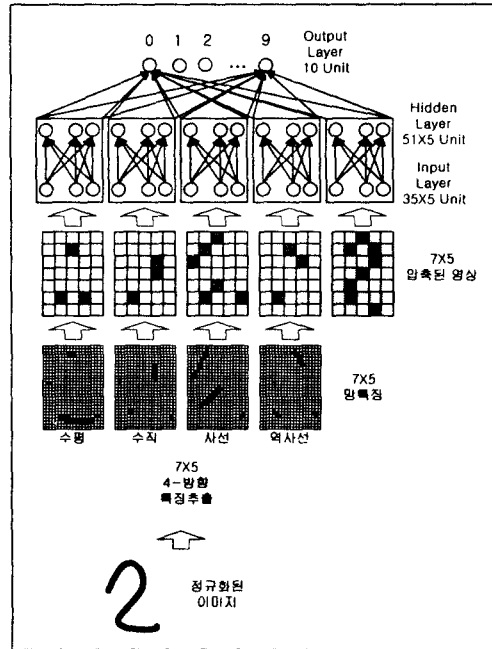


그림 4. 필기체 분류기의 구현

수행하였으며, 실험 환경은 IBM-PC PentiumII(233MHz)에서 C++언어를 이용하여 제안된 분류기를 구현하였다. 인쇄체 데이터 베이스는 일반적으로 많이 사용하는 워드프로세서의 폰트 10가지로 작성된 문서를 스캔하여 128×128의 이진 래스터 이미지로 구성하였다.

실험은 다음과 같은 과정으로 수행되었다.

- (1) 인쇄체 분류기에 대한 인쇄체 및 필기체 데이터 베이스 입력에 따른 각각의 인식율, 기각율, 에러율, 신뢰도 측정
- (2) 필기체 분류기에 대한 인쇄체 및 필기체 데이터 베이스 입력에 따른 각각의 인식율, 기각율, 에러율, 신뢰도 측정
- (3) 제안된 방법에 인쇄체와 필기체의 비

율에 따른 분류 속도

2.2 인쇄체 분류기에 대한 실험

인쇄체 인식기에 대해서는 NIST의 필기체 데이터 1000자와 자체적으로 구성된 인쇄체 데이터 1000자를 대상으로 하였다. 인쇄체 데이터 500자와 필기체 데이터 1000자를 학습 데이터로 학습율을 0.1 설정하여 학습하였으며, 학습에 참여하지 않은 인쇄체 500자와 필기체 100자를 테스트 데이터로 사용하였다. 표1.은 출력 유니트의 임계치를 0.98 일때 인쇄체 데이터에 대한 실험 결과를 나타내며, 표2는 필기체 데이터에 대한 실험 결과를 나타낸다.

평균시간 (sec)	정인식률 (%)	기각률 (%)	오인식률 (%)	신뢰도 (%)
0.003	90.0	10.0	0	100

표 1. 인쇄체 테스트 데이터에 대한 인쇄체 분류기의 실험 결과

시간 (sec)	정인식률 (%)	기각률 (%)	오인식률 (%)	신뢰도 (%)
0.003	67.2	32.8	1.5	98.06

표 2. 필기체 테스트 데이터에 대한 인쇄체 분류기의 실험 결과

표1과 표2에서 평균시간은 한 개의 숫자에 대한 분류에 소요되는 시간을 나타내며, 전체 테스트 데이터의 분류 시간은 3초가 소요되었다. 표2의 실험 결과는 정확히 필기된 필기체 숫자에 대해서도 인쇄체 인식기에서 67% 정도 인식함을 나타냈다.

2.2 필기체 분류기에 대한 실험

필기체 인식기에 대해서는 NIST의 필기체 데이터 4000자를 대상으로 하였다. 그중

에서 3000자를 학습 데이터로 학습율을 0.1 설정하여 학습하였으며, 학습에 참여하지 않은 필기체 1000자를 테스트 데이터로 사용하였다. 표3은 출력 유니트의 임계치를 0.5 일때 필기체 분류기에 대한 실험 결과를 나타낸다. 전체 테스트 데이터의 분류 시간은 11가 소요되었다.

평균시간 (sec)	정인식률 (%)	기각률 (%)	오인식률 (%)	신뢰도 (%)
0.011	94.3	4.8	0.9	99.05

표 3. 필기체 테스트 데이터에 대한 필기체 분류기의 실험 결과

3.3 제안된 방법에 대한 실험

제안된 방법이 속도면에서 효율적임을 검증하기 위하여 인쇄체 및 필기체의 비율을 변경하여 실험하였다. 표4는 인쇄체와 필기체 1000자의 비율에 따른 인식속도 및 인식률 결과를 나타낸다.

인쇄체와 필기체의 비율(%)	전체분류 시간 (sec)	정인식률 (%)	기각률 (%)	오인식률 (%)
인쇄체:필기체				
0 : 100	5.62	94.1	4.0	1.9
20 : 80	5.26	95.1	3.2	1.7
40 : 60	4.89	96.3	2.3	1.4
60 : 40	4.53	97.5	1.6	0.9
80 : 20	4.16	98.8	0.7	0.5
100 : 0	3.8	99.9	0.1	0

표 4. 필기체 테스트 데이터에 대한 필기체 분류기의 실험 결과

표4에 제시된 결과로서 필기체 분류기만을 사용했을 때에는 1000자의 분류시간이 11초로 나타났으며, 제안된 방법이 인쇄체 및 정확히 필기된 필기체에 대해서 저차 연산으로 분류를 함으로써 1000자의 인식시간이 4에서 5초로 빠른 속도로 분류

하여 속도면에서 효율적임을 나타내었다.

III. 결론

본 논문에서는 인쇄체 숫자와 필기체 숫자를 효율적으로 구분인식 하기 위해 인쇄체 분류기와 필기체 분류기를 순차적으로 연결하여 인쇄체 숫자 및 정확히 필기된 필기체 숫자에 대해서는 망 특징 추출을 통한 단일 신경망 인식기의 저차 연산으로 빠르게 분류하고 여기서 기각된 숫자에 대해서는 4방향 특징 벡터 추출과 망 특징의 복합특징 벡터 입력으로 클러스터 신경망 인식기에서 정확한 분류를 할수 있도록 구성하여 속도면에서 효율적인 인식기를 제안하였다. 이것을 검증하기 위해 인쇄체와 정확히 필기된 필기체에 대하여 저차 연산으로 인식함으로써 필기체와 인쇄체의 비율에 따라 50%이상 분류 속도가 증가됨을 실험으로 나타냈다. 앞으로 인식률을 높일 수 있는 방법에 대한 연구와 인쇄체 분류기와 필기체 분류기를 하나로 통합하여 단일 분류기로 인쇄체와 필기체를 구분 인식할 수 있는 연구가 계속 수행되어야 할 것이다.

참고 문헌

[1] 박 창순, 김 두영, "오프라인 필기체 숫자 인식을 위한 다양한 특징들의 성능 비교 및 인식을 개선 방안", 한국정보처리학회 논문지, 제3권, 제4호, 96년 7월.

[2] H. Yan, "Design and implementation of optimized nearest neighbor classifiers for handwritten digit recognition," ICDAR'93, pp. 10-13, 1993.

[3] L. Wang and T. Pavlidis, "Direct gray-scale extraction of feature for character recognition," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine

Intelligence, vol. 15, no. 10, Oct. 1993.

- [4] H. Nishida, "Structural Feature Extraction on Multiple Bases with Application to Handwritten Character Recognition Systems," ICDAR'93, pp. 27-30, 1993.
- [5] Carl G. Looney, "Pattern Recognition Using Neural Networks," Oxford University Press, 1997.
- [6] A. Rajavelu, M. T. Musavi and M. V. Shirvaikar, "A Neural Network Approach to Character Recognition," Neural Networks, vol. 2, pp. 387-393, 1989.
- [7] 김병섭, 김상희, 고보연, "최소의 결합 뉴런을 가지는 새로운 함수적 링크 네트워크", 정보과학회논문지(B), 제22권, 제9호, 95년 9월.
- [8] 류강수, 진성일, "모듈화된 신경회로망 중간층 출력의 재학습에 의한 필기체 숫자인식", 정보과학회논문지(B), 제23권, 제9호, 96년 9월.
- [9] 이 성환, "문자인식 : 이론과 실제", I권 및 II권, 홍릉과학 출판사, 1993년 10월.
- [10] 김영준, 이성환, "유전자 알고리즘과 결합된 다층 클러스터 신경망을 이용한 무제약 필기체 숫자의 오프라인 인식", 한국정보과학회논문지, 제21권, 제8호, pp. 1468-1478, 1994.