

오프라인 필기체 숫자인식을 위한 특징 비교 및 다수결 투표를 사용한 성능향상 방안

권영일⁰, 하진영
강원대학교 컴퓨터 정보통신공학과
k7012@yahoo.co.kr, jyha@kangwon.ac.kr

Performance Comparison of Various Features for Off-line Handwritten Numerals Recognition and Suggestion for Improving Recognition rate for Using Majority Voting

Young-il Kwon⁰, Jin-Young Ha
Dept. of Computer Engineering, Kangwon National University

요 약

오프라인 필기체 숫자 인식에서 다양한 변형을 잘 흡수 할 수 있는 효율적인 특징을 찾는 것은 중요한 일이며, 본 논문에서는 이를 위해 다양한 단일특징들을 구현 하였으며, 단일 특징만으로는 만족 할 만한 성능을 기대하기 어렵기 때문에 다양한 단일 특징을 복합특징으로 구성하였다. 또한 오프라인 필기체 숫자인식에서 좋은 성능을 발휘하는 것으로 알려진 신경회로망으로 학습을 하였으며, 인식의 성능을 개선시키기 위해 효과적인 특징을 조합하여 하나의 단일 신경회로망들을 구성하고 그것을 다시 복합신경회로망으로 구성하여 성능을 실험 함으로서 성능의 향상을 볼 수 있었고, 신경회로망에 더하여 성능을 개선시키기 위해 신경회로망을 보완 할 수 있는 다수결 투표 방법을 사용하였다. 본 논문에서는 신경회로망의 인식 결과를 비교 분석하여 최적의 특징을 찾아 낸 결과를 2차 다수결 투표를 사용하여 인식하는 방법을 제안한다. 제안된 방식의 성능을 검증하기 위해서 Concorida 대학교의 CENPARIMI 숫자 데이터 베이스를 가지고 인식을 수행 하였으며, 그 결과 97.40%의 정인식률과 0.75%의 오인식률 그리고 1.85%의 거부률을 보였다.

1. 서론

오프라인 필기체 숫자인식은 그 응용 분야가 다양하여 우편 번호 자동분류나 은행전표의 자동 인식 등 여러 분야의 실생활에 적용이 가능하지만, 실용화 단계까지는 해결해야 할 많은 문제를 가지고 있다. 그 중에서도 특징에 관한 문제는 인식의 성능에 많은 영향을 주며, 특징 선택을 할 때 하나의 단일 특징만을 사용하여 인식을 한다면 높은 인식률을 기대하기는 어렵다. 그러나 단일특징과 함께 복합특징을 사용하여 인식을 수행하면 인식률의 향상을 가져 올 수 있다.

또한 특징들간에 각각의 숫자에 대한 인식률은 서로 다른 특성이 나타나며, 이런 특성을 잘 이용하면 성능을 개선 시킬 수 있으며 그러기 위해서는 특징들간의 비교 분석이 필요하다. 본 논문에서는 서로 다른 특징들의 비교를 위해 사용 된 단일 특징으로서 정규화(Normalization), 에지(Edge), 망(Mesh), 교차(Cross), 교차거리(Cross Distance) 특징을 사용하였으며, 이러한 단일 특징의 조합을 통해 복합특징을 구성하였다.

신경회로망을 가지고 인식을 수행 한 결과와 함께 인식률을 개선시키기 위한 방법으로 2차 다수결 투표를 사용하였으며, 투표에 참여 할 수 있는 특징으로 각각의 신경회로망을 분석한 최적의 결과를 가지고 시행한다. 다수결 투표 일차에서 투표결과에 대한 기준 값을 두어 그 값을 넘으면 성공 아니면 거절을 하며, 2차 투표에서는 1차 투표에서 거부한 값을 가지고 선택을 하며 기준은 두지 않았으며, 1차 투표의 인식과 2차 투표의 인식을 합친 것이 최종 인식이 된다.

제안된 방법의 실험에 대한 타당성을 검증 하기 위해서 Concordia 대학교의 CENPARIMI 숫자 데이터베이스를 사용 하였으며, 그 결과 97.40%의 정인식률, 0.75% 오 인식률 1.85%의

거부률을 보였다.

2. 전처리 및 특징추출

2.1 세 선화(Thinning)

두꺼운 선을 최 외각부터 한 겹씩 벗겨나가서 마지막에 남은 선 성분을 추출하는 것이다. 즉 영상의 본질적인 구조를 보존하면서 선 도형을 추출하는 조작이다.

2.2 크기 정규화(Scale Normalization)

필기체 숫자영상은 다양한 크기변형을 포함하고 있는데 크기의 변형에 상관없이 일관성 있는 특징 추출을 위해 필요하며, 정규화 시킨 영상은 정규화전의 영상과 기본적인 형태가 비슷하며, 이러한 점을 이용하여 특징으로 사용 할 수 있다. 여기서는 16 x 16정규화와 더 압축시킨 8 x 8정규화 특징을 사용하였다.

2.3 윤곽선(Edge)

윤곽선이란 미분연산자에 의하여 화소가 0과1로 구분 되는 선을 말한다. 윤곽선 추출은 윤곽선 추출의 대표적인 미분연산자인 소벨(Sobel) 마스크를 사용했다.

2.4 교차거리(Cross Distance)

숫자 영상의 주어진 경계로부터 상, 하, 좌, 우로 검출 선을 주사 하였을 때, 획과 만나는 거리를 특징으로 한다. 상, 하, 좌, 우로 5개의 검출 선을 사용 하였다. 이 특징은 다른 형태를 가진 숫자는 잘 구별 한다는 장점이 있다.

2.5 교차(Cross)

숫자 영상에서 수직축과 수평축으로 검출 선을 주사 하였을 때 0에서 1로 바뀌는 수를 누적하여 특징으로 한다. 숫자의 기울어짐과 위치 이동에 강한 특징을 가지고 있는 것이 장점이다.

2.6 망(Mesh)

숫자 영상을 수직과 수평으로 균등한 크기 또는 비 균등적 크기의 부 영역으로 나누어 각 부 영역에 대하여 점의 수를 누적하여 특징으로 이용한다. 이 특징은 획의 이동에 약한 단점이 있다.

3. 다수결 투표 및 모듈화된 복합신경회로망

신경회로망은 필기체 숫자 인식에서 좋은 성능을 나타내고 있으나 필기체 숫자 인식에서 다양한 변형을 전부 흡수 하기에는 한계가 있기 때문에 신경회로망에 보완해 줄 수 있는 시스템이 필요하며, 이러한 보완적인 시스템으로 모듈화된 복합 시스템이 제안 되어 왔으며 이런 복합 시스템은 필기체 숫자인식 향상에 효율적인 것으로 알려져 있다.

본 논문에서도 복합적인 시스템으로 다수결 투표를 약간 변형시킨 그림1와 같은 구조의 시스템으로서 2차 다수결 투표를 제안한다. 2차 다수결 투표는 신경회로망에서 최적의 결과를 나타내는 단일특징과 복합특징을 숫자 별로 비교하여 각각의 숫자나 전체적인 인식률이 좋은, 최적의 특징들을 분리하여 투표를 위한 최적 투표인원의 선택과 투표에 참여하는 특징의 적합성을 설정하여 1차 투표를 감행한다. 이때 1차 투표에서의 결과가 기준 값 이상으로 크지 않다면 그 숫자에 대하여 거부를 한다. 그리고 거부한 값은 다시 2차 투표를 위해 구성된 특징들에 의하여 선택 되며, 1차와 2차에 의하여 선택된 숫자가 최종 인식 숫자가 된다. 이와 같은 시스템을 사용 하여 실험한 결과 인식률 면에서 효과적인 결과를 낼 수 있었다.

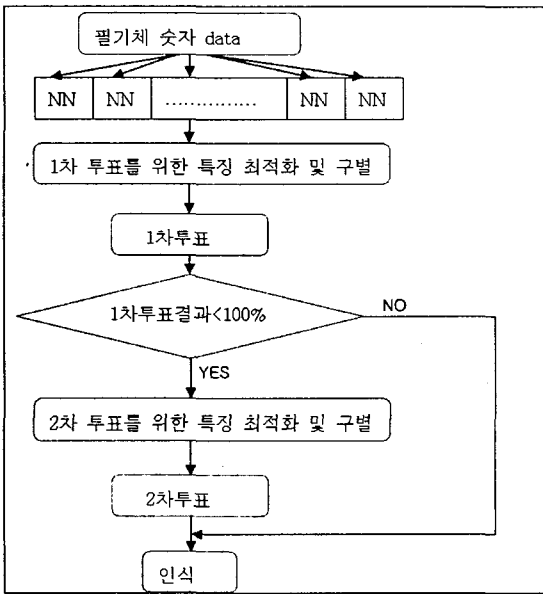


그림 1. 2차 다수결 투표가 쓰인 모듈화된 복합시스템 구조

4. 실험 결과 및 분석

4.1 실험 환경

본 논문에 사용된 시스템의 분석 및 실험 결과를 위해 Concordia 대학교의 CENPARMI 데이터 베이스를 이용하였으며 학습용 데이터로 4000자, 테스트 데이터로 2000자를 사용하여 실험을 하였다.

4.2 필기체 숫자의 인식 실험 및 결과 분석

4.2.1 특징 비교 및 분석

각 특징에 대한 인식 실험을 한 결과 표<1>과 표<2>처럼 복합특징이 단일 특징보다 인식률이 향상된 것을 알 수 있다.

특징 (약어)	인식
교차 (c)	71.6
교차거리 (ct)	87.4
망 (m)	71.4
윤곽선(e)	86.2
정규화	
16 (16n)	90.3
8(8n)	85.5

복합 특징(약어)	인식
m+ c (mc)	83.5
ct+ c (cte)	89.65
ct+ m (mct)	90.2
m+ ct+ c (s)	91.65
e+ m+ ct+ c (es)	93.2
e+ 16n (e16)	93.25
m+ ct+ c+ 8n (s8)	92.5
m+ ct+ c+ 16n (s16)	93.1
e+ s+ 8n(es8)	93.8
m+ ct+ c+ 16n+ 8n (s168n)	93.65

표<1> 단일 특징

표<2> 복합특징

전체적으로 인식률이 90%가 넘는 특징들만 보면 0,1,4,6에서 비교적 인식률이 높았으며 3,5,8에 대해서는 인식률이 낮음을 알 수 있으며, 특히 단일 특징을 가지고 복합특징을 구성 할 때 특정한 단일 특징이 여러 개의 복합특징에 들어 가기 때문에 어떤 하나의 단일 특징에 의존적일 수 있다고 생각 할 수 있으나 실제로 각 특징들은 개개의 숫자 인식률이 비슷한 성향과 동시에 상이한 특징을 나타냄을 그림2를 보면 알 수 있다. 즉 단일 특징 16n은 숫자 0, 6, 9에서 높은 인식률을 가지는데, 단일 특징 16n과 섞이는 복합 특징들 중 168n은 3, 6 복합특징 s16은 8, e16은 4에서 좋은 인식률을 가지며, 이렇게 특징들 간에 특정한 숫자에서의 인식률이 다른 것을 보면 충분히 독립적인 요소도 가진 것을 알 수 있으며, 각 숫자에 대한 인식률도 서로 다른 특징에 따라 특정한 숫자에 반응하는 것을 알 수 있다. 예를 들어 인식률에서 e16은 다른 특징 보다 4에서 인식률이 가장 높지만 0에서는 작은 값을 가지며 s8은 0에서 높고 4에서는 낮은 쪽에 속하는 것으로 보아 각 특징의 차이를 확인 할 수 있다.

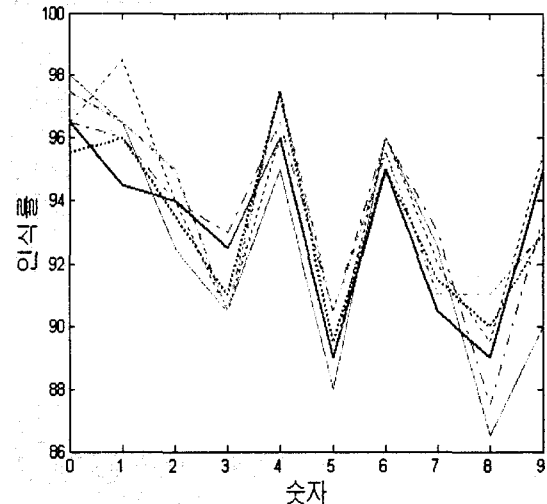


그림 2. 각 특징에 대한 개별 숫자들의 인식률

(Line type: solid=s8, dot=16n, dash=s16, dash-dot=s168n thick-solid=es, thick-dot=e16, thick-dash-dot=es8)

그러므로 이러한 특징의 각 숫자에 대한 성향을 잘 이용 하면 혼돈 되는 숫자의 구별이나 특정 숫자에 대한 특징으로 이용 가능함을 알 수 있으며, 각 특징의 특성들이 서로 구별되기 때문에 비교 분석하여 인식 시스템에 최적의 특징을 선택적으로 골라 넣으면 효율적인 성능을 발휘 할 수 있다.

4.2.2 다수결 투표 분석 및 결과

다수결 투표를 최적화 시키기 위해서는 인식률과 거부율 적절 한 범위 안에서 선택을 해주어야 한다. 즉 인식률과 거부 측면에서 어떤 특정한 숫자에만 반응을 하는 특징을 투표자로 내세우면 그 숫자에 대한 인식률이 높아 질 수 있으나 다른 숫자에 대해서는 오인식이 커질 수 있으며 또 인식률이 낮은 것만을 택한다면 맞게 인식 할 숫자를 거부 할 수도 있다. 그러므로 다수결 투표에서 특징을 구성할 때 각각의 숫자에 대하여 인식률과 오인식률을 고려하여 적절한 특징을 구성하여 넣으며, 이런 정보는 위에서 설명한 것처럼 특징마다 숫자의 특성을 분석하여 유용한 정보를 선택 함으로서 얻어 낼 수 있다. 각각의 특징에서 분석한 결과를 가지고 특징에 대한 조합과 투표인원수를 설정 하는데 있어 적절한 것으로 생각되는 특징을 사용하며, 여기서 적절하다는 것은 인식률이 90%이상을 가지면서 특징들 간에 성향이 비교적 다른 것을 의미한다.

또한 특징의 개수나 관계에 따라 적당한 투표인원도 중요한데, 적절한 투표 인원수를 찾기 위한 실험을 한 결과 선택한 표 <3>과 같으며 선택한 투표인원이 많을수록 에러가 적게 발생하며, 거부는 늘어 남을 알 수 있다.

	3개	5개	7개	9개
거부	237	255	335	437
에러	17	14	8	7

표<3> 1차 투표에서의 투표자수에 따른 거부와 에러개수 위와 같이 투표를 한 후 그 결과로서 투표자들이 100% 찬성하면 인식을 하며 그렇지 않으면 거부를 한다. 필기체 문자인식이 실생활에서 사용 될 때 인식률도 중요 하지만, 잘못 된 것을 올바르게 인식 하는 것이 더욱 안 좋은 결과를 낼 수 있기 때문에 거부율이 많더라도 에러가 적은 것을 선택 하는 것이 더 좋기 때문에 투표 인원수가 5, 7, 9개 일 때가 적합 하다고 할 수 있지만, 투표인원수가 7, 9개 일 때, 2차 투표시 적합한 투표자를 다시 한번 뽑아야 하는데 그 때 특징을 선택 할 때 1차 투표에서 사용된 특징과 겹치는 것이 투표인원수 5개 보단 많으므로 2차에서의 에러와 거부율이 크게 줄지 않으므로 투표 인원수 5개 일 때가 적당 했다.

1차 투표후의 거부숫자를 보면 3, 4, 6, 9가 거부율이 14% 이상이며 나머지 숫자는 비교적 낮은 것을 그림 3을 보면 알 수 있으며, 이러한 관계를 2차 투표에 이용하면 효율적이다.

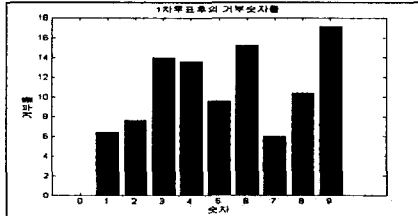


그림 3. 1차 투표후의 각 숫자에 대한 거부율

2차 투표에서는 그림 3과 같이 나타나는 특성을 고려하여 2차 투표를 감행한다. 그 결과 1차 투표와 2차 투표를 합한 투표자 개수에 따른 전체 인식률이 표<4>와 같은 결과가 나왔다.

	3개	5개	7개	9개
정인식률	87.30%	97.40%	96.65%	96.05%
오인식률	0.70%	0.75%	0.75%	0.70%
거부율	12.0%	1.85%	2.60%	3.25%

표<4> 2차 투표에서의 투표자수에 따른 전체 인식률

2차 다수결 투표로 숫자를 인식한 결과 정인식률에서 적절한 성능을 가졌으며, 무엇보다도 오인식률이 저기 때문에 우수한 성능을 가짐을 알 수 있다.

이러한 2차 다수결 투표시스템을 보통의 다수결 시스템과 성능을 비교해 보면 그것은 표 <5>의 결과가 보여 주듯이 2차 다수

결 투표가 성능에서 우수한 것을 알 수 있다.

	다수결 투표(1차)	2차 다수결 투표
인식률	86.55%	97.40%
거부개수	255	15

표 <5> 다수결 투표 형태에 따른 인식률

표 <5>의 결과처럼 보통의 다수결 투표 단독으로 좋은 성능을 나타내지 못하므로 많은 시스템에서는 신뢰도 지수와 결합하여 사용 하므로 신뢰도를 결합한 다수결 투표와 비교가 필요하다[6]. 표 <6>은 신뢰도 지수와 결합한 다수결 투표와 2차 다수결 투표를 비교 한 것이다.

인식기	인식률	거부율	오인식률
2차 다수결 투표	97.40%	1.85%	0.75%
신뢰도+다수결 투표	97.10%	1.50%	1.40%

표<6> 2차 다수결 투표와 신뢰도 지수를 결합한 다수결 투표

표 <6>처럼 다수결 투표에 신뢰도 지수를 결합한 시스템에 비해서 2차 다수결 투표는 인식률에서 별로 차이가 없지만 실제 인식률 보다는 오인식이 중요하게 생각 되는 필기체 숫자 인식에서 오인식률이 작은 것이 실효성에서 더 적당 하여 또한 시스템 구성에서 신뢰도 지수는 다수결 투표를 다시 한번 결합 해야 하는 반면에 2차 다수결 투표는 1차에서 사용한 것을 2차에서 재사용이 가능하므로 더 효율적이다. 이것은 특징을 비교 분석하여 최적의 특징을 찾은 후 적합한 투표인원수를 선택하여 2차 다수결 투표에 넣는 방식이 성능 향상에 효율적이고 적절한 것을 말 해 준다.

5. 결론 및 향후 과제

필기체 숫자 인식의 다양한 변형을 흡수 하기 위해서 사용 된 복합특징을 신경회로망으로 인식하는 것은 인식률과 성능을 향상시키지만 한계가 존재 하며 그것의 보완책으로 다수결 투표를 사용하였으며 이러한 다수결 투표에 참여하는 특징들의 각 특성을 살려 활용을 한 결과 인식에 효율적임을 보였다.

향후 과제로는 학습과 인식을 위해 사용된 복합특징의 계산량을 줄이는 방법과 함께 더 다양한 특징들을 사용 한다면 인식률과 성능에서 한 단계 더 발전 할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1]F. Kimura, M. Shridhar, Handwritten Numeral Recognition Based on Multiple Algorithms, *Pattern Recognition*, Vol. 24, No. 10, 1991, pp.969-983
- [2]Ching Y. Suen et al., Computer Recognition of Unconstrained Handwritten Numerals, *Proceedings of the IEEE*, Vol. 80, No. 7, July 1992, pp.1162-1180
- [3]H. Takahashi, " A neural network OCR using geometrical and zonal pattern features ", *ICDAR' 91*, Paris, vol 2, pp.821-828, 1991
- [4] P. Theodosis, A. Farhat, Computer Recognition of Handwritten Numerals by Polygonal Approximations, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. MC-5, No. 6, November 1975, pp.610-614
- [5]Seven Behnke. " Recognition of Handwritten Digit using Structural Information ", 1997 IEEE Conference on Neural Network vol III, pp. 1391~1396
- [6]박찬순, 김두영 " 오프라인 필기체 숫자 인식을 위한 다양한 특징들의 성능 비교 및 인식률 개선 방안 ", 정보처리학회 논문지 제3권 제 4호 1996
- [7]류강수, 김우태, 진성일, " 다중 특징과 모뮬화된 신경회로 망을 이용한 인쇄체 및 필기체 혼용 숫자인식 ", 전자공학회 논문지, 제32권, 제10호, pp.101-111, 1995
- [8]이성환 저, " 문자인식 이론과 실제 " 홍릉과학출판사 1997