

신경회로망을 이용한 미 달러화의 패턴 인식

이우람, 권용범
연세대학교, 삼성전자

Pattern Recognition of US Dollars based on Neural Networks

Wooram Lee, Youngbeom Kwon
Yonsei University, Samsung Electronics

Abstract - 본 논문에서는 인간 두뇌와 같이 패턴을 인식할 수 있는 능력을 가진 신경 회로망 모델을 구현하고, 이를 바탕으로 시중의 저렴한 화상 카메라를 이용하여 미 달러화를 인식할 수 있는 시스템을 개발하였다. 제안된 시스템은 저화질 영상에서 캡처된 이미지를 이진영상처리 과정을 거쳐게 함으로써 패턴인식의 정확성 향상을 가져올 수 있었으며, 인공지능의 대표적 알고리즘인 신경회로망을 이용하여 종류별 미 달러화의 세부적인 차이를 감지하고 화폐를 정확하게 인식할 수 있도록 하였다. 각 화폐로부터 추출해 낸 특징을 신경회로망을 통해 학습시키고, 이를 통해 미 달러화의 패턴인식 능력을 실험을 통해 확인해본 결과 90%에 가까운 높은 성공률로 정확하게 인식함을 확인할 수 있었다.

1. 서 론

과학 기술이 발달함에 따라 정보의 발생과 발생한 정보의 처리는 매우 중요한 분야이며, 많은 양의 정보를 원활하게 처리하기 위해 사용되던 인간의 지적 능력이 자동적으로 처리되는 컴퓨터로 대체되고 있다. 하지만 기존의 방식은 순차적으로 이루어져 있어 여러 제약조건들을 동시에 고려해야 하는 상황에서는 이를 처리하기가 쉽지 않다.

따라서 이를 극복하기 위해 동시에 여러 제약 조건들을 처리할 수 있는 인간 두뇌의 생물학적 구조를 모델링하여 인간의 지능적 정보 처리 방식을 컴퓨터에서 구현해 보려는 신경회로망(Neural network)에 대해 많은 분야에서 활발히 연구가 진행되었다.[1] 특히, 패턴인식(Pattern recognition) 분야에서 두드러지게 사용되고 있는 것을 알 수 있는데, 이는 패턴들을 분류하고, 다시 클러스터링 하는 과정에서 다양한 변수들을 동시에 고려할 수 있기 때문이다.

화폐인식은 신경회로망이 가장 폭넓게 쓰일 수 있는 한 분야이다. 기존의 화폐인식은 영상처리 기술의 발전과 더불어 그 성능이 비약적으로 향상되어 금융권을 필두로 수요가 크게 증가하고 있다. 이는 현대 사회에서 대량으로 사용되고 있는 화폐의 거래를 자동화 시키고, 사람의 손에 의해 입력되는 불필요한 시간과 입력 시 발생하는 오류의 가능성 및 이로 인한 시간의 지연을 줄여보고자 하는 의도일 것이다. 그럼에도 불구하고 화폐인식의 정확성을 높이기 위해 요구되는 고가의 장비와 복잡한 화폐 인식 및 영상처리 기술에 대한 비용으로 상용화하는 데에는 많은 어려움이 있다.[2]

이러한 문제를 해결하고자, 본 논문에서는 저렴한 가격의 개인용 PC 카메라를 이용하여 영상을 수집하고, 데이터를 추출하여 이를 신경회로망에 학습시키는 과정을 이용하여 화폐인식 장치를 상용화시킬 수 있는 모델을 제안하였다. 화질이 안 좋은 이진영상처리과정을 통해 잡음을 제거함으로써 해결할 수 있고, 미 달러화의 숫자 및 음영의 특징을 추출함으로써 정확도를 획기적으로 향상시킬 수 있었다.

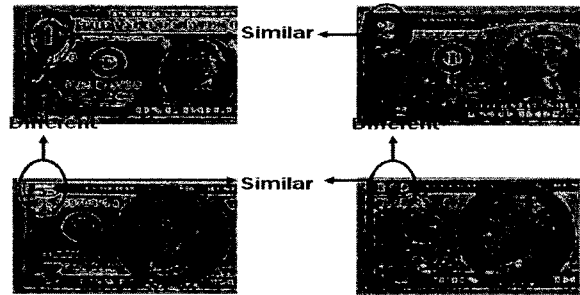
전체의 논문구성은 다음과 같다. 2.1장에서는 화폐인식의 정확도를 향상시키기 위한 방법으로, 화폐의 숫자, 음영, 면적, R, G, B 값의 레벨 등을 이용하여 각 화폐별 특징을 분석하였다. 2.2장에서는 저화질의 영상에 잡음을 제거하고, 화폐의 특징 추출을 용이하게 하려는 목적에서 화폐의 R, G, B값에 따른 이진영상처리과정(Binary image processing)방법을 소개하였다. 2.3장에서는 미 달러화의 패턴인식을 위해 사용될 신경회로망에 대한 이론적인 설명과 데이터 처리 과정을 분석한다. 2.4장에서는 제안한 알고리즘을 실제 환경에 적용시켜 시스템을 구현하는 과정을 설명한 것으로 실험환경, 실험결과를 제시한다. 마지막으로 3장 결론에서는 결과분석 및 향후 발전방향에 대한 의견을 제시하였다.

2. 본 론

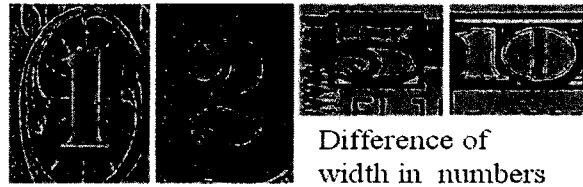
2.1 미 달러화의 특징

현재 유통되고 있는 미 달러화는 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100달러, 총 7종으로 본 논문에서는 유통 빈도수가 가장 많은 1, 2, 5, 10달러를 대상으로 하였다. 이는 추후에 필요에 따라 20, 50, 100달러까지 추가하여 확대, 적용할 수 있다.

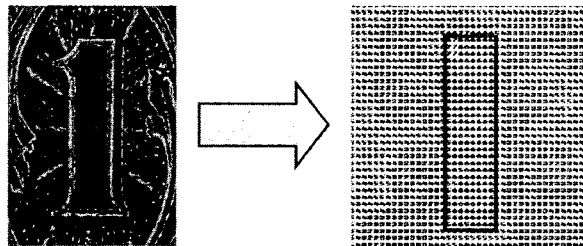
문자 및 숫자를 인식하는 연구는 좌표를 설정하여 도형의 패턴을 이용하는 방법과 영상의 음영 차이를 이용하는 방법으로 폭넓게 이루어져 있다.[3][4] 본 연구에서는 기존에 진행된 연구 성과와 더불어 화폐 인식의 정확도를 높이기 위해 숫자 및 미 달러화의 표면에 나타나는 특징을 분석하였다. <그림 1>은 4종류의 미 달러화와 개략적인 특징을 나타내고 있다. 1달러와 2달러의 경우 좌측 상단의 숫자의 크기가 크고 음영의 차이가 커



<그림 1> 미 달러화의 특징분석(1)



<그림 2> 미 달러화의 특징분석(2)



<그림 3> 미 달러화의 특징분석(3)

그 부분이 또렷한 반면, 5달러와 10달러의 경우 숫자의 크기가 작고 검은 배경의 비율이 상대적으로 낮은 것을 알 수 있다. 또한 전자의 경우 인물의 크기가 작고 인물의 배경이 어두운 반면, 후자의 경우 그 반대임을 알 수 있다.

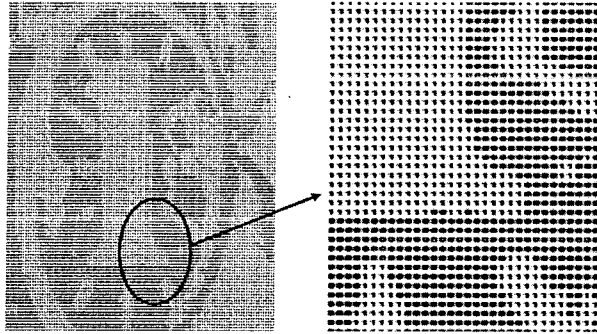
<그림 2>는 미 달러화를 좀 더 세부적으로 그 특징을 분석한 것이다. 각 숫자의 폭이 다르다는 것은 영상을 이진영상처리를 시켰을 때, 숫자의 가장자리부분에 존재할 데이터의 스레숄드(Threshold)의 폭이 다르다는 것을 의미하므로 화폐의 인식률을 높일 수 있는 좋은 요소가 될 수 있다.

<그림 3>은 세분화된 R, G, B 값을 보여주는 것으로 레벨을 10단계로 나누었을 때, 숫자 1 부분에 정확히 레벨 6의 단계가 밀집해있는 것을 확인할 수 있다. 이는 화폐의 숫자 및 음영을 구분하는데 정확도를 높이는 세부적인 요소로 활용될 수 있다.

이 뿐 아니라 영상면적 및 무게중심값[5]을 추가적인 입력값으로 설정하였다.

2.2 이진영상처리과정

이진영상처리과정은 기준이 되는 R, G, B값 혹은 그레이 스케일(Gray scale)을 바탕으로 주어진 이미지를 0, 1 두 값으로 표현하는 것을 말한다. 본 논문에서는 저렴한 카메라를 통해 얻은 저화질의 영상임을 감안하여 이진영상처리 과정 중 가우시안 스무딩 방법을 사용하여[2] 잡음을 제거하는 보정작업을 수행하였다. 즉 주위의 R, G, B값과 현격하게 차이가 날 경우 이진영상처리하는 과정에서 그 값을 잡음이라고 판단하여 데이터를 수정하는 것을 의미한다. <그림 4>은 식(1)과 같은 과정에 의해 얻어진다. 본 논문에서는 화폐를 인식하는데 가장 중요한 요소인 숫자부분의 R, G, B값을 측정하여 스레숄드 값으로 정하고, 이를 기준으로 데이터를 0, 1로 변환하였다.

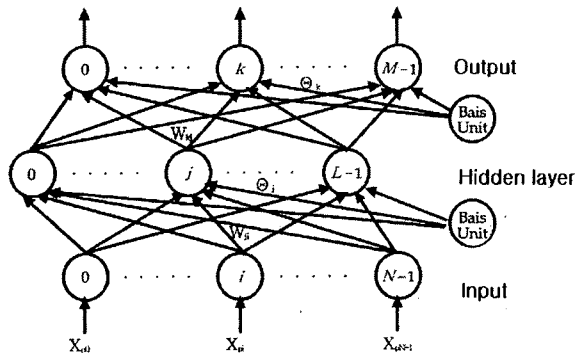


〈그림 4〉 이진영상처리과정

$$b(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } R, G, B(x,y) > \text{threshold} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

숫자의 경계선을 따라 스레숄드 값이 존재하는 것을 확인할 수 있으며, 연속된 0과 1의 좌표를 계산하여 각 화폐의 특징을 추출할 수 있다. 이 방법은 영상의 경계검출법(Edge detection)에서 착안한 것으로[5], 경계 검출이란 이웃하는 화소들 사이에 밝기 변화를 계산하여 사물을 인식하는 것을 의미한다.

2.3 신경회로망



〈그림 5〉 2층 신경회로망

본 논문에서 사용된 신경회로망은 입력층과 출력층 사이에 하나 이상의 은닉층을 갖는 전방향(Feed-forward) 모델이다. 〈그림 5〉에서와 같이 입력층, 은닉층, 출력층의 세 단계를 거치며, 은닉층의 수에 따라 3층, 4층 등의 신경회로망 구성이 가능하다. 80년대 효과적인 학습 알고리즘으로 제안된 오류역전파, 혹은 일반화된 델타 규칙(Generalized delta rule)은 다층 신경회로망을 학습시키는데 널리 사용되고 있다. 이 알고리즘은 원하는 목표값(d_{pj})과 실제 출력값(o_{pj}) 사이의 오차제곱합(Sum of squared errors)으로 정의된 비교함수(Cost function) E의 값을 경사하강추적법(Gradient descent method)에 의해 최소화하는 방향으로 학습한다.[5]

$$E = \sum_p E_p, \quad (E_p = \frac{1}{2} \sum_j (d_{pj} - o_{pj})^2) \quad (2)$$

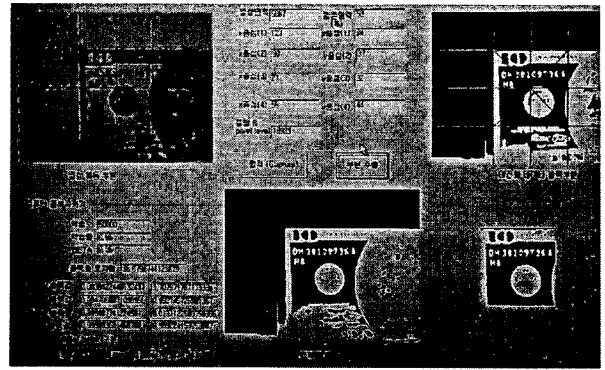
여기서 p 는 p 번째 학습패턴을, E_p 는 p 번째 패턴에 대한 오차이고, d_{pj} 는 p 패턴에 대한 목표 출력의 j 번째 요소들, o_{pj} 는 실제 출력의 j 번째 요소들을 의미한다.

오류역전파 학습 규칙은 실제 출력과 목표 출력간의 평균 제곱 오차(Mean squared error: MSE)를 최소화시키기 위해서, 연결가중치에 대한 오차의 미분계수가 감소하는 방향으로 연결가중치를 계속 변경시키는 반복적인 경사하강(Iterative descent) 알고리즘이다. 따라서 오류역전파의 활성화 함수는 연속이면서 미분 가능해야 하는데 대개 비선형 S자형의 시그모이드 함수를 활성화 함수로 사용한다.

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (3)$$

2.4 실험환경 및 결과

본 장에서는 2.1-2.3에서 제안한 알고리즘을 실제 환경에 적용하여 보았다. 시뮬레이션은 영상처리 및 패턴인식, 화상카메라를 이용한 실시간 물체 추적[6]에 관한 이론을 바탕으로 MFC로 수행되었으며, 시중에서 구입한 USB 카메라를 고정시켜 설치하고 미 달러화의 거리가 이루어지는 상황을 가정하여 실험을 진행하였다. 미 달러화가 USB 카메라를 지나가는 동안



〈그림 6〉 실험환경 및 결과도출

영상을 획득하여 이진영상처리를 한 후, 화폐의 특징을 추출하게 된다. 이때 미리 입력된 각 화폐의 특징을 바탕으로 신경망회로에서 학습을 진행하여 입력된 지폐를 인식한다.

2.1장에서 언급한 요소들을 신경회로망의 입력값으로 설정하였다. 〈그림 6〉과 같이 숫자가 존재하는 부분의 검은 영역 비율을 측정하여, 화폐를 인식하는 첫 번째 입력값으로 설정하는 것이다. 1, 2달러의 경우 검은 영역이 비교적 높게, 3, 4 달러의 경우 비교적 낮게 측정되었다. 이 뿐 아니라 〈그림 4〉과 같이 이진영상처리를 끝나고 난 후의 스레숄드의 좌우 폭의 값을 입력값으로 설정하였다. 즉 연속된 1의 개수를 화폐 구역별로 평균 내어 입력값으로 이용하였는데, 이는 각 지폐마다 숫자의 크기 및 모양이 다르다. 검은 점에 착안한 것이다. 또한 면적 및 세분화된 R, G, B 레벨값을 추가하여 화폐인식의 정확도를 높이기 위한 부가적인 입력값으로 사용하였다.

실험은 무작위 선정으로 각 화폐당 200번씩 총 800회 진행되었으며, 신경회로망의 학습수는 50,000회, 학습률은 0.55, 이득함을 결정하는 β 값은 0.35로 설정하였다.

실험 결과 및 파라미터가 <표 1>에 제시되었다.

〈표 1〉 실험결과

| | Number of trial | Rate of success(%) | Formation of result | Remarks |
|-----------|-----------------|--------------------|---------------------|--|
| 1 Dollar | 200 | 92 | 00 | number of training: 50,000 rate of training: 0.55 beta: 0.35 |
| 2 Dollar | 200 | 88 | 01 | |
| 5 Dollar | 200 | 87 | 10 | |
| 10 Dollar | 200 | 95 | 11 | |

실험결과 평균적으로 90% 이상의 높은 성공률을 보였다. 10달러의 경우 가장 높은 성공률을 보인 반면 2, 5달러의 경우 성공률이 비교적 낮은 것을 확인할 수 있다. 10달러는 1, 0 두 개의 숫자로 되어있어 숫자의 폭이 다른 것에 비해 상대적으로 크기 때문에 인식이 비교적 수월하다. 반면 2, 5달러의 경우 서로 반대로 인식하여 성공률을 낮추는 요인으로 발생하였는데, 두 숫자의 모양이 비슷하여 스레숄드의 좌우 폭의 차이가 적기 때문으로 분석된다.

3. 결 론

본 논문에서는 신경회로망에 대한 일반적인 내용과 이를 이용한 미 달러화의 화폐인식에 대한 새로운 방법을 제시하였다. 화폐인식의 정확한 패턴 인식을 위해 미 달러화의 특징을 분석하였으며, 이진영상처리과정을 삽입하여 높은 성공률을 얻을 수 있었다. 본 연구를 통해 실제 거리가 이루어지는 곳이나 금융 업무에 있어 효율성을 증대시킬 수 있는 기대를 얻을 수 있다. 또한 화폐를 자동으로 인식하는 특징을 이용하여 시각장애인들을 위한 보조 장비로서의 활용도 가능할 것으로 생각된다. 이와 관련된 연구가 더 활발히 진행된다면 보다 저렴한 비용으로 폭넓게 숫자 및 문자, 도형 등을 정확하게 인식할 수 있고, 방대한 정보를 효과적으로 처리할 수 있는 기술을 상용화시키는 데 대한 발판이 마련될 수 있을 것이라 생각한다.

〈참고 문헌〉

- [1] 정성중, 유정수, 박정희, "패턴 인식을 위한 신경 회로망 모델과 그 학습 알고리즘 개발", 한국통신학회 논문지, 제 17권 12호, p1362-1370, 1992
- [2] 장문익, "저화질 문서 영상에서 인쇄된 숫자의 인식을 위한 특징 추출", 연세대학교 대학원, 1998
- [3] 이상인, "숫자 인식을 위한 특징 추출에 관한 연구", 연세대학교 대학원, 1985
- [4] 구본석, "온라인 문자 인식을 위한 전처리 기법에 관한 연구", 연세대학교 대학원, 1991
- [5] 도용태, 김일근, 김중완, 박창현, "인공지능 개념 및 응용", 사이텍 미디어(ISBN: 89-88397-88-6), 2001
- [6] 강동중, 하준은, "Visual C++을 이용한 디지털 영상처리", 사이텍 미디어(ISBN : 8955507887), 2003