

신용카드 번호의 광학적 인식

정민철[†]

[†]상명대학교 공과대학 컴퓨터시스템공학과

Optical Recognition of Credit Card Numbers

Min Chul Jung[†]

[†]Dept. of Computer System Engineering, Sangmyung University

Abstract

This paper proposes a new optical recognition method of credit card numbers. Firstly, the proposed method segments numbers from the input image of a credit card. It uses the significant differences of standard deviations between the foreground numbers and the background. Secondly, the method extracts gradient features from the segmented numbers. The gradient features are defined as four directions of grayscale pixels for 16 regions of an input number. Finally, it utilizes an artificial neural network classifier that uses an error back-propagation algorithm. The proposed method is implemented using C language in an embedded Linux system for a high-speed real-time image processing. Experiments were conducted by using real credit card images. The results show that the proposed algorithm is quite successful for most credit cards. However, the method fails in some credit cards with strong background patterns.

Key Words : OCR, character segmentation, standard deviation, artificial neural networks, credit card recognition

1. 서 론

문자 인식(OCR: Optical Character Recognition)은 문서를 디지털 영상으로 획득한 후, 영상 분석을 통해 문서 영상을 컴퓨터가 처리할 수 있는 문자 코드로 바꾸어 문서의 문자 정보를 처리하는 것이다[1]. 일반적으로 인식할 대상체인 문자는 흰색 종이인 배경에 비해 영상 대비(contrast)가 큰 검은색으로 구성되어 있다. 주변에서 가장 흔히 볼 수 있는 문자 인식 시스템으로는 속도 위반, 신호 위반, 전용차선 위반의 무인 단속에 사용되는 차량 번호판 인식 시스템이다. 요즘에는 주차차단기 앞에 설치된 카메라와 연동된 차량 번호판 인식 시스템도 흔히 볼 수 있다. 이러한 차량 번호판 인식시스템도 높은 인식률을 위하여 흰색 배경에 검은색 숫자로 구성되어 있는 번호판[2]을 주로 인식하는 것으로 설계되어 있다. 녹색 배경에 흰색 숫자로 구성되어 영상대비가 비교적 작은 구형 번호판은 이제 점

차 주변에서 사라지고 있다. 그러나 최근의 문자 인식은 영상 대비가 큰 흰색 배경에 검은색 문자로 구성된 것에서만 수행하는 것이 아니라 다양한 색의 배경에 여러 가지 색으로 구성된 문자를 인식해야 하는 방향으로 응용 범위가 점차 늘고 있다[3-8]. 이러한 응용 분야 중의 하나가 신용카드 번호 인식이다. 스마트폰의 사용이 보편화함에 따라 스마트폰을 이용한 신용카드 결제가 늘고 있는 추세이다. 스마트폰에서 신용카드를 사용하여 결제하기 위해서는 Fig. 1에서 보듯이 신용카드의 16자리 번호와 유효기간 6자리번호, 총 22개의 숫자를 결제할 때 마다 일일이 스크린 키보드 작업으로 입력해야 한다. 신용카드 번호를 한번 입력한 이후에는 스마트폰에 저장하여 다음에는 로드(load)하여 바로 사용할 수 있으나, 저장된 신용카드 번호와 유효기간은 언제라도 해킹당할 위험이 있으며 스마트폰의 분실 시에도 악용될 소지가 있다. 또한 저장된 신용카드와는 다른 신용카드를 사용하려면 처음부터 다시 22개의 숫자를 입력해야 한다. 입력 시 하나라도 오류가 나면 처음부터 다시 입력해야 하는 불편함도 따른다.

[†]E-mail : mjung@smu.ac.kr



Fig. 1. The usage of credit card numbers at the application of a smart phone: captured from KORAIL-talk app.



Fig. 2. Acquired image of a credit card by a smart phone camera: some numbers are deleted for reasons of security.

이외에도 실용적인 측면에서 많은 활용도가 있음에도 불구하고, 신용카드를 광학적으로 인식하기 위한 공개된 알고리즘이나 방법에 대해 서술한 국내외 논문은 전무한 실정이다. 본 논문에서는 스마트폰에 내장된 카메라를 이용하여 신용카드를 촬영하면 실시간으로 신용카드 번호와 유효기간을 광학적으로 인식하여 자동으로 입력할 수 있도록 하는 새로운 방법을 제안한다. 획득한 입력 영상은 문자 출력과 동시에 보안을 위해 강제로 자동 폐기되는 것을 전제로 한다.

2. 신용 카드 번호 인식 절차

2.1 그레이스케일 영상에서 문자분할

신용카드 번호는 Fig. 2에서 보듯이 흰색 배경에 검은색 문자로 된 것이 아니라, 다양한 무늬와 색으로 인쇄된 플라스틱 재질의 배경에 양각화(embossment)로 돌출된 3차원적 구조로 이루어져 있다. 또한 처음에는 양각화된 번호의 표면에 금색이나 은색으로 칠해져 있

으나 신용카드를 사용함에 따라 점차 칠이 조금씩 벗겨져 오래된 카드는 번호의 표면 색이 카드배경과 동일하게 된다. 따라서 카드 번호는 양각화에 따른 그림자에 따라 인식할 수 있다. 3차원적으로 양각화된 번호를 일정한 조명에서 2차원적으로 영상 획득하면 양각화에 따른 깊이 정보를 가지는 2차원의 그레이스케일(grayscale) 영상으로 나타나게 된다. 즉, 카드의 양각화된 번호 문자는 획득한 영상에서 미세한 밝기의 변화로 나타난다. 이러한 미세한 밝기의 변화는 흰색과 검은색으로만 구성되는 이진 영상으로는 표현할 수 없다. 따라서 흰색 종이 배경에 검은색 문자를 인식할 때 사용하는 영상 이진화(image binarization) 방법[9]을 신용카드 번호 인식에는 사용할 수 없다. 신용카드에서 번호를 분할하기 위해서는 그레이스케일 영상에서 바로 수행해야 하는 데, 본 논문에서는 그레이스케일 영상의 표준 편차를 이용한 문자 분할 방법[10]을 사용한다.

이 방법은 문자 패턴이 존재하는 부분을 구성하는 픽셀 밝기 값들은 배경을 구성하는 픽셀 밝기 값들에 비해 표준 편차가 훨씬 크다는 점을 이용한 것이다. 그레이스케일로 된 입력 영상에서 문자가 존재하는 후보 영역인 ROI(Region Of Interest)에 대하여 수직으로 영상을 스캔하며 각 수직 라인에 해당하는 픽셀 값들의 평균 μ 와 표준 편차 σ 를 수식 (1)과 (2)로부터 구한다.

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \mu)^2}{N-1}} \quad (2)$$

여기서 N 은 각 수직 라인에 존재하는 픽셀의 전체 개수이고 y_i 는 수직 라인상에 있는 픽셀의 값이다.

Fig. 3에서 보듯이 문자 패턴이 존재하는 부분을 구성하는 픽셀 밝기 값들이 배경을 구성하는 픽셀 밝기 값들에 비해 표준 편차가 훨씬 크다. Fig. 3(b)에서 라인 $\sigma = 19.27$ 는 모든 표준 편차의 평균을 나타낸다. Fig. 4는 표준 편차를 이용하여 신용카드에서 번호를 분할한 결과 영상을 보인다.

2.2. 경사도 특징 추출

경사도 특징(gradient features)은 필기체 문자인식을 위해 개발되었다[11]. 본 논문에서는 앞에서 분할된 번호 영상에 대해 경사도 특징 추출 방법을 사용한다.

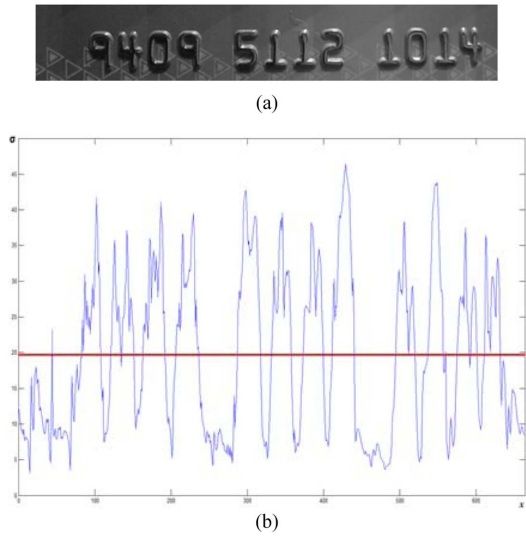


Fig. 3. (a) Grayscale image of ROI, (b) Standard deviations of each vertical scan line: cited from [10].

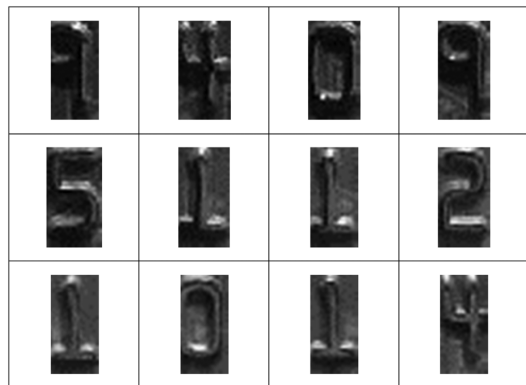


Fig. 4. The results of the character segmentation for Fig. 3(a): cited from [10].

Fig. 4에서 보듯이 양각화된 신용카드의 번호는 영상에서는 미세한 밝기의 변화로 나타난다. 이러한 밝기의 변화는 경사도로 표현할 수 있다. 먼저 분할된 번호영상을 20×40 크기로 크기정규화(size normalization)한 후, Sobel 연산자를 수행한다. 경사도는 0에서 2π 라디안의 범위를 가지는 데 계산의 단순화와 속도를 감안해 8개의 방향으로 양자화하고 정반대 방향은 같은 것으로 간주하면 0, π/4, π/2와 3π/4로 나타낼 수 있다. 지역적인 경사도를 나타내기 위해 영상을 4×4 그리드(grid) 영역으로 나누고, 각 영역에 있는 픽셀의 경사도는 히스토그램으로 누적하여 지정된 임계값을 초과하는 경사도를 수치화한다. 이러한 방법은 4×4, 즉 64

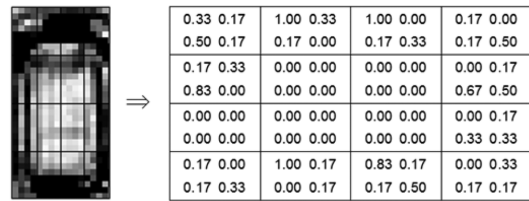


Fig. 5. The gradient map of a number '0' and its gradient feature vector.

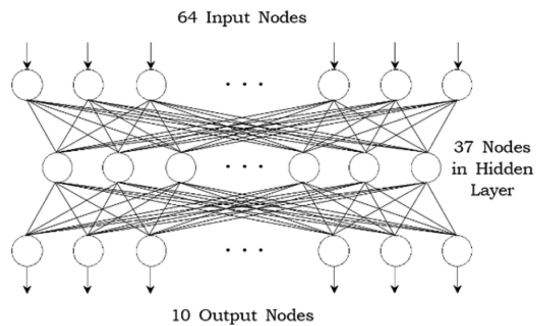


Fig. 6. 3-layer error back-propagation neural network configuration.

개의 원소를 가지는 특징벡터를 만든다. Fig. 5는 숫자 '0'의 입력 영상에 대한 경사도 맵과 그 특징벡터의 예를 나타낸다.

2.3. 인공신경망 분류기

본 논문에서는 신용카드 번호를 인식하기 위하여 오류 역전파(error back-propagation) 학습 알고리즘을 이용한 인공신경망 분류기를 사용한다. 앞 단계에서 구한 64개의 원소를 가지는 특징 벡터는 인공 신경망 분류기의 입력이 된다. 인공 신경망 분류기는 Fig. 6에서 보이듯이 64개의 입력노드, 37개의 은닉노드(hidden node), 10개의 출력노드를 가지는 3층 신경망으로 구성된다. 은닉층의 노드 개수는 입력노드 개수와 출력노드 개수의 평균값으로 설정하였다.

설계한 인공신경망 분류기의 학습은 훈련 절차(training procedure)와 검증 절차(testing procedure)를 수식 (3)의 MSE(Mean Squared Error)에 의하여 진행되었다.

$$E = \frac{1}{2} \sum_i (d_i - a_i)^2 \quad (3)$$

여기서 d_i 는 목표값이고 a_i 는 실제 출력값이다. 훈련 절차에 사용된 신용카드 번호는 각 클래스당 20개 씩 총 200개를 사용하였고, 검증 절차에 사용된 신용

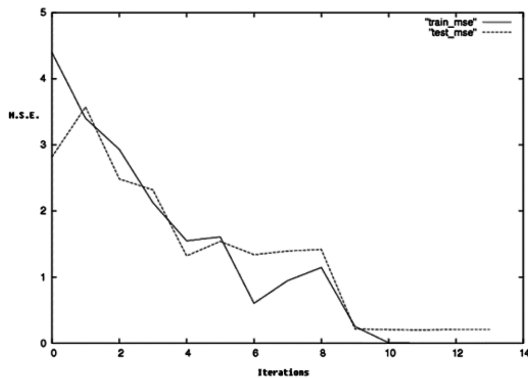


Fig. 7. Training curve and testing curve of the artificial neural network classifier.

카드 번호는 훈련 절차에서 사용된 영상과는 다른 것을 사용했는데, 각 클래스당 10개씩 총 100개를 사용하였다. MSE 값을 훈련 횟수와 검증 횟수의 함수로 표현하고 이를 그래프로 나타내면 Fig. 7과 같다. 훈련 횟수가 증가함에 따라 MSE는 감소하며 10회 이후에는 거의 0에 수렴하였으나, 검증 절차에서는 12회에서 MSE가 0.1977로 국소 최소값(local minima)를 가지며 수렴하여 12회 때 훈련 절차의 연결강도(weight matrix)를 최종 학습 결과로 선택하였다.

3. 실험 결과

본 논문에서 제안한 방법을 C언어로 구현하여 임베디드 리눅스 시스템에서 실험하였다. 다양한 배경 무늬 패턴과 배경색을 가지는 신용카드에 대해 본 논문에서 제안한 방법을 실험한 결과는 신용카드 번호를 대부분의 경우 성공적으로 인식하는 것으로 나타났다. Fig. 8은 성공적으로 인식한 신용카드의 예를 나타냈다. 한 손으로 들거나 테이블 위에 놓은 신용카드를 스마트폰의 카메라로 획득한 영상을 사용하였다. 신용카드와 카메라 사이의 거리가 일정하지 않거나 카메라의 해상도가 달라 획득한 영상의 크기가 변화해도 인식시스템에서 획득영상의 크기를 정규화함으로써 신용카드를 성공적으로 인식하였다.

만일 신용카드 전체 영상이 아닌 부분적 영상이 입력되거나 심하게 기울어진 영상이 입력되면 신용카드에서 번호 영역을 검출하는 데 실패하게 됨으로 인식을 거부(reject)하고 신용카드 영상을 재입력하도록 했다. 또한 신용카드 번호인식의 경우, 한 개의 숫자라도 인식 에러가 발생하면 인식된 다른 번호는 의미가 없



Fig. 8. Recognition results of credit cards: some numbers are deleted for reasons of security.

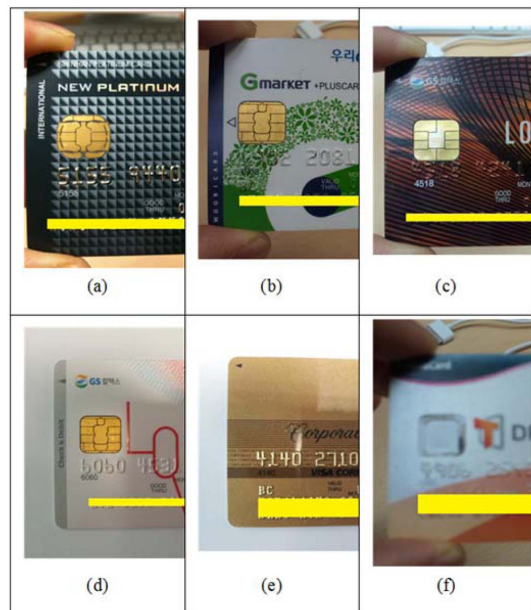


Fig. 9. Failures of credit card recognition: some parts are deleted for reasons of security.

다. 따라서 신용카드 번호인식의 신뢰율(confidence value)이 90% 이하인 인식을 거부했는데 Fig. 9는 이렇게 인식 거부된 신용카드의 부분영상을 나타낸다.

본 논문에서 제안한 신용카드 번호인식 시스템은 신용카드의 배경 무늬 패턴과 배경색에 크게 영향을 받았다. Fig. 9(a), (b), (c)는 신용카드의 배경 무늬 패턴으로 인하여 전경인 번호를 추출하는 것에서 실패하거나 추출을 하더라도 인식하는 것에서 에러를 보였다. Fig. 9(d)는 컬러 영상에서는 배경의 빨간색 무늬가 전경인 번호와 어느 정도 구분이 가능했으나, 그레이스케일 영상에서는 양각화된 번호의 미세한 밝기 변화 특징을 상쇄해버려 번호 '4531' 중 번호 '5'와 번호 '1'의 인식에서 에러가 발생했다. Fig. 9(e)는 실제 신용카드의 영상이 아닌 복사한 카드의 영상이다. 이 경우에

The card number is
4140 2710 [REDACTED]
The confidence value = 75.40%
The confidence value is too low to take it.
Please, take a picture of the card, again.

Fig. 10. Recognition reject of copied credit card, Fig. 9(e).

는 학습된 인공 신경망의 영상과는 미세한 차이가 발생하고 총 16자리를 인식하는 동안 차이가 누적되어 각각의 번호 인식에는 에러가 발생하지 않았으나 신용카드 인식의 신뢰율이 75.40%가 되어 설정한 인식 신뢰율의 임계값 90% 이하로 인식을 거부했다. Fig. 10은 Fig. 9(e)의 영상이 입력 되었을 때 인식시스템의 실제 출력 결과를 보인다.

Fig. 9(f)는 카메라로 영상 획득시 초점이 벗어나서 번호가 모두 흐릿하여 번호 인식을 실패한 경우를 보인다. 이 경우도 인식을 거부하고 신용카드를 다시 촬영할 것을 출력한다.

4. 결 론

본 논문에서는 신용카드 번호를 광학적으로 인식하기 위한 새로운 방법을 제안했다. 신용카드 번호는 다양한 무늬와 색으로 인쇄된 플라스틱 재질의 배경에 양각화(embossment)로 돌출된 3차원적 구조로 이루어져 있다. 이를 일정한 조명에서 2차원적으로 영상 획득하면 양각화된 번호 문자는 획득한 영상에서 미세한 밝기의 변화로 나타난다. 먼저, 문자 패턴이 존재하는 부분을 구성하는 픽셀 밝기 값들은 배경을 구성하는 픽셀 밝기 값들에 비해 표준 편차가 훨씬 크다는 점을 이용하여 번호 문자를 분할한다. 분할한 개개의 번호 문자로부터 경사도 특징을 추출하고 오류 역전파 알고리즘을 사용하는 인공신경망 분류기를 통해 신용카드 번호를 인식한다. 제안한 방법을 실제 신용 카드에 적용한 결과는 대부분의 신용카드에 대해 성공적인 인식 결과를 보였다. 그러나 전경인 번호와 구분이 거의 안 되는 배경색을 가지거나 화려하고 복잡한 무늬 패턴으로 이루어진 신용 카드에 대해서는 인식을 실패했다. 16자리의 신용카드 번호에서 하나라도 에러가 발생하는 것은 실용적인 관점에서 무의미하기 때문에 전체적인 신뢰율을 계산하여 인식 신뢰율 90% 미만은 인식 결과를 출력하지 않고 인식을 거부하게 했다. 높은 거부 임계율을 가진 시스템은 부가적으로 실제 신용카드가 아닌 복사된 신용카드를 인식하는 것도 거부하였다. 에러가 발생하거나 신뢰율이 낮아 인식이 거부된 신용 카드는 다시 카메라로 촬영하여 재인식을 시도할 수

있다. 그러나 화려하고 복잡한 무늬 패턴으로 이루어진 몇몇 신용카드에 대해서는 제안한 방법으로는 계속 에러가 발생하여 인식을 거부하였다. 이러한 인식 에러가 발생한 원인의 대부분은 문자분할 에러에서 유래했다. 배경을 구성하는 픽셀 밝기 값들의 표준 편차와 문자를 구성하는 픽셀 밝기 값들의 표준 편차가 비슷한 값을 가지면 문자분할이 실패했다. 배경 픽셀과 전경 픽셀의 표준 편차의 차이가 작을 경우에는 다른 방법으로 문자 분할을 하는 방법에 대한 연구가 있어야 할 것이다. 즉, 신용카드의 가로와 세로 등의 크기는 일정하게 규격화되어 있고, 신용카드 내에서 번호의 위치도 항상 일정한 곳에 있으므로 이러한 크기와 위치 정보를 이용하여 문자 분할하면 앞에서의 방법을 보완하여 인식율을 높일 것으로 사료된다.

감사의 글

본 논문은 상명대학교 2012학년도 교내연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

1. G. Nagy and S. Seth, "Modern Optical Character Recognition," The Froehlich/Kent Encyclopedia of telecommunications, F. Froehlich and A. Kent, eds., Marcel Dekker, Inc., Vol. 11, pp. 473-531, 1996.
2. "Standard Notices about Vehicle Registration Plates," Ministry of Construction and Transportation, No. 2005-334, 2005.
3. Jaesuk Oh, Junsu Lee, Jinbum Jung, Jungha Kim, "Speed Limit Signs of Road Environment Detection and Analysis for Unmanned Ground Vehicle," The Korean Society of Automotive Engineers, pp. 1419-1423, 2012.
4. Hochul Kwok, Hyunsik Bae, Daeyon Ko, Haejung Kim, Chajong Kim, "A Study on Image Processing for Business Card Recognition on Smartphones," Society of Korea Information Technology: Workshop on Information Technology for Big Data Era, pp. 445-449, 2012.
5. Junsik Im, Soohyung Kim, Chilwoo Lee, Gyeesang Lee, Hyungjung Yang, Myungeun Lee, "Wine Label Character Recognition in Mobile Phone Images using a Lexicon-Driven Post-Processing," Journal on Korean Institute of Information Scientists and Engineers: Computing Practices and Letters, Vol. 16, No. 5, pp. 546-550, 2010.
6. Hyunwoo Kang, "License Plate Recognition for

- Speed and Red Light Enforcement System Based on Character Circumscribed Quadrilateral,” Journal on Society of Korea Information Technology, Vol. 9, No. 3, pp. 67-76, 2011.
7. Sangeun Park, Gyungwon Kang, Youngwoo Choi, Jinhung Kim, “Recognition of Cardslip Images Using Extraction of ROI and Image Enhancement,” Journal on Korean Institute of Information Scientists and Engineers: 2000 Fall Conference, Vol. 27, No. 2, pp. 341-343, 2000.
 8. Heejoo Park, Jinho Park, Kidong Boo, “Character Recognition System for the Components Used in Industry by the Information of Their Images,” Journal on The Korea Society of Digital Industry & Information Management, Vol. 5, No. 1, pp. 53-60, 2000.
 9. N. Otsu, “A Threshold Selection Method from Gray Level Histograms,” IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-9, No. 1, pp. 62~66, 1979.
 10. Minchul Jung, “Character Segmentation in a Gray-scale Image using the Standard Deviation,” Journal of the Semiconductor & Display Technology, Vol. 11, No. 2, pp. 27-31, 2012.
 11. Favata J. T., “A Multiple Feature/Resolution Approach to Handprinted Digit and Character Recognition,” International Journal of Imaging Systems and Technology, Vol. 7, pp. 304-311, 1996.
-
- 접수일: 2014년 2월 25일, 심사일: 2014년 3월 13일,
게재확정일: 2014년 3월 20일