

왜곡 불변 차량 번호판 검출 및 인식 알고리즘

Distortion Invariant Vehicle License Plate Extraction and Recognition Algorithm

김진호
경일대학교 전자공학과

Jin-Ho Kim(ho@kiu.ac.kr)

요약

최근 차량의 출입통제 및 주차관리 그리고 불법 차량의 단속 등 다양한 분야에서 차량 번호판 자동 인식 기술들이 활용되고 있다. 그러나 기울어지거나 햇빛 또는 조명 등의 영향을 받은 차량 영상에서는 번호판의 고유한 정보가 변형될 수 있다. 본 논문에서는 왜곡에 불변한 차량 번호판 검출 및 인식 알고리즘을 제안하였다. 먼저 DoG(Difference of Gaussian) 필터를 이용해서 번호판의 문자 획이 잘 보전된 이진 영상을 생성하였다. 그리고 왜곡에 불변한 연속된 큰 숫자들의 위치를 찾고 그 정보를 이용해서 번호판 영역을 검출하였다. 기하학적 왜곡 보정과 영상 개선 작업을 수행한 다음 신경망을 이용해서 번호판을 인식하였다. 제안한 알고리즘을 상용 LPR(License Plate Recognition) 시스템으로부터 획득한 6,200장의 차량 영상을 대상으로 시뮬레이션 한 결과 98.4%의 번호판 영상 인식률과 0.05초의 인식 속도를 얻을 수 있었다.

■ **중심어** : | 번호판 검출 | 번호판 인식 | 영상 개선 | 왜곡에 강한 인식 |

Abstract

Automatic vehicle license plate recognition technology is widely used in gate control and parking control of vehicles, and police enforcement of illegal vehicles. However inherent geometric information of the license plate can be transformed in the vehicle images due to the slant and the sunlight or lighting environment. In this paper, a distortion invariant vehicle license plate extraction and recognition algorithm is proposed. First, a binary image reserving clean character strokes can be achieved by using a DoG filter. A plate area can be extracted by using the location of consecutive digit numbers that reserves distortion invariant characteristic. License plate is recognized by using neural networks after geometric distortion correction and image enhancement. The simulation results of the proposed algorithm show that the accuracy is 98.4% and the average speed is 0.05 seconds in the recognition of 6,200 vehicle images that are obtained by using commercial LPR system.

■ **keyword** : | Plate Detection | Plate Recognition | LPR | Image Enhancement | Distortion Invariant |

I. 서론

최근 IT 기술의 비약적인 발전으로 지능형 교통 시스템(Intelligent transportation system) 구축에 대한 관심이 매우 높아지고 있다. 특히 지능형 교통 시스템의 중요한 핵심 기술인 차량 번호판의 자동 인식에 대한 연

이 매우 높아지고 있다. 특히 지능형 교통 시스템의 중요한 핵심 기술인 차량 번호판의 자동 인식에 대한 연

구들이[1-5] 활발하게 진행되고 있다.

차량 번호판 인식 과정은 번호판 검출, 개별 문자 추출 그리고 문자 인식 등의 세 단계로 구분된다. 차량 영상에서 번호판 영역을 효과적으로 검출하기 위해서는 비교적 일정한 명도레벨을 유지한 영상과 왜곡되지 않은 번호판 영상을 획득하는 것이 중요하다.

고정된 위치에서 정지된 차량의 영상을 획득할 때는 strobe를 이용해서 일정한 광량이 유지될 수 있도록 카메라와 동기를 맞춘 영상을 수집할 수 있다. 그러나 진행되는 차량의 영상을 획득할 때는 차량 간의 간격 그리고 카메라의 설치 위치 등에 따라 strobe를 사용하기 어려워 명도 레벨이 일정하지 않은 영상이 입력될 수 있다. 그리고 진행되는 차량에 대해서는 차량의 정면이 아닌 좌측이나 우측에 카메라를 설치하는 경우가 많아서 기울어진 차량 영상이 입력되기 때문에 번호판이 기하학적으로 왜곡되어 입력될 수 있다[1].

기존의 인식방법에는 수직방향의 에지를 찾아서 번호판을 검출하고 인식하는 방법[1][4], 명암도 변화와 기하학적 구조를 이용해서 인식하는 방법[2] 그리고 번호판의 색상이나 고유한 구조적 특징들을 이용해서 인식하는 방법[3] 등이 있다. 그러나 카메라의 입력 각도로 인한 차량의 기울어짐, 햇빛 영향 그리고 그림자 영향 등으로 번호판이나 문자 영역이 다양하게 왜곡된 경우에는 번호판의 검출 및 인식이 어렵게 된다.

본 논문에서는 기울어지거나 햇빛 또는 조명 등의 영향을 강하게 받아 번호판 고유의 기하학적 구조나 문자 특징이 변형된 경우에도 이를 인식할 수 있도록 왜곡에 불변한 번호판 검출 및 인식 알고리즘을 제안하였다. 먼저 문자 획이 잘 보존된 이진 영상을 생성한 다음 번호판이 왜곡된 경우에도 특징이 잘 보존되는 4개의 큰 숫자들을 찾고 이를 이용해서 상향식(bottom-up)으로 번호판을 검출 하였다. 지수 변환 함수를 사용해서 문자 획이 강하게 나타나도록 영상 개선 작업을 하고 개별 문자들을 추출한 다음 문자 인식 작업을 수행하였다.

제안한 방법대로 차량 번호판 인식시스템을 구현한 다음 상용 LPR 시스템의 카메라로부터 입력받은 영상을 대상으로 번호판 인식 시뮬레이션을 수행하고 그 결과를 분석 검토하였다.

II. 차량 번호판 인식 알고리즘 구성

차량의 기울어짐, 햇빛 영향 그리고 그림자 영향 등으로 다양하게 왜곡된 차량 영상으로부터 번호판 영역의 검출, 왜곡 보정 및 정규화, 개별 문자 추출 그리고 신경망을 이용한 문자 인식 등의 과정을 [그림 1]에 도시하였다.

번호판 영역에 왜곡이 발생한 경우 번호판 고유의 기하학적 특징들이 많이 소실될 수 있지만 연속적으로 배치된 4개의 큰 숫자들의 크기와 위치 등에는 규칙성이 남아있게 된다. 따라서 왜곡에 불변한 번호판 검출 및 인식 시스템을 구현하기 위해 연속된 4개의 큰 숫자들을 먼저 찾은 다음 번호판 영역을 추정하고 개별문자들을 추출해서 인식하는 상향식 방식의 번호판 인식 알고리즘을 제안하였다.

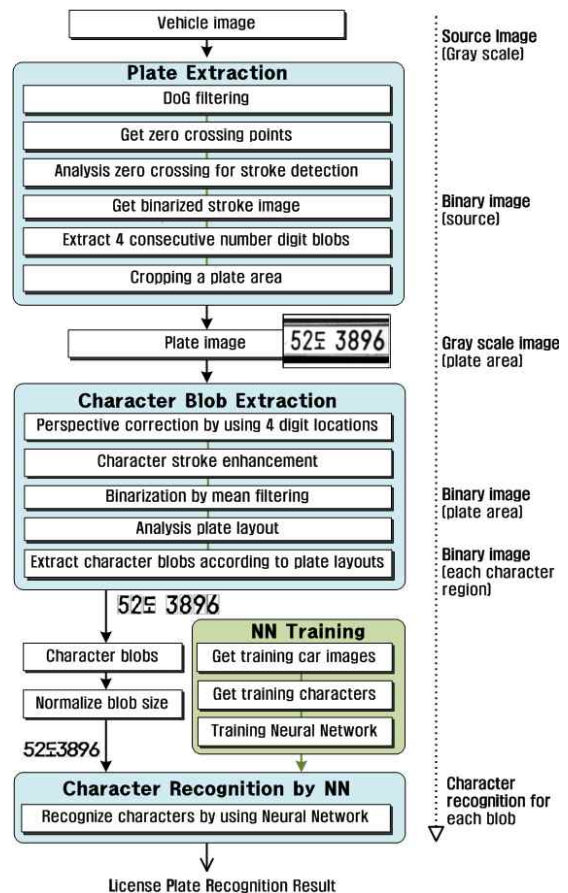


그림 1. 차량 영상에서 번호판 영역 검출, 왜곡 보정, 문자 추출 및 인식하는 과정의 흐름도

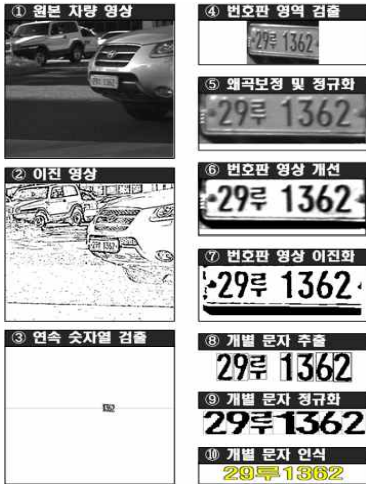


그림 2. 차량 번호판의 검출 및 인식 알고리즘 각 단계에서 생성되는 영상들의 예

[그림 2]에 알고리즘의 각 처리 단계에서 생성되는 영상들을 도시하였다. 다양한 환경에서 입력된 차량 영상을 문자들의 획이 잘 보존된 이진 영상으로 변환하기 위해서 DoG 필터를 사용하였다. DoG 필터를 사용해서 정교한 에지 정보를 추출하고 에지들을 연결해서 문자 획이 잘 보존된 이진 영상을 생성하였다. 이진 영상으로부터 연속된 4개의 숫자들을 검출하고 그 위치 정보를 이용해서 번호판 영역을 개략적으로 추정하였다.

번호판 영역을 추출한 다음 기하학적 왜곡이나 명도 차이에 따른 왜곡 등을 보정하고 번호판 영역의 크기를 정규화 하였다. 다양한 입력 상황에서 획득한 차량 영상의 경우 명도 레벨 분포가 불규칙하기 때문에 문자 획이 강조되도록 지수 변환 함수를 이용해서 영상 개선 작업을 수행하였다.

추출된 번호판 영상을 이진 영상으로 변환하고 잡음을 제거한 다음 번호판 형태에 대한 사전 지식을 바탕으로 각 블롭(blob)들을 해석하고 개별 문자 영역을 추출해서 신경망 인식기로 번호판 인식을 수행하였다.

III. 차량 번호판 영역 검출 알고리즘

번호판 영역이 왜곡되어 입력된 차량 영상에서는 직사각형인 번호판의 구조적 형태가 변형되거나 문자 획이 변형될 수 있기 때문에 번호판 형태의 고유한 특성

들이 사라질 수 있다. 그러나 번호판의 형태가 왜곡되더라도 연속된 4개의 큰 숫자들이 배치된 형태에는 일정한 규칙성을 갖게 된다. 차량 번호판에서 4개의 큰 숫자들을 먼저 찾고 이를 이용해서 번호판의 나머지 영역을 추정하였다. 추정된 번호판 영역에서 번호판 종류에 따른 문자들의 배치구조를 해석하고 개별 문자들을 추출 하는 방식으로 알고리즘을 설계하였다.

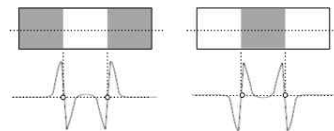
고속으로 번호판 영역을 검출하기 위해 입력된 차량 영상을 축소한 다음 번호판 영역을 추정하였다. 이를 바탕으로 다시 원본 영상을 대상으로 번호판 영상을 추출하고 개별 문자 영역을 찾아서 인식 하였다.

1. DoG 필터를 이용한 차량 영상의 이진화

에지 추출에 흔히 이용되고 있는 식(1)의 DoG 필터를 사용함으로써 명도 대비가 낮거나 조명의 영향을 받은 차량 영상들에 대해서도 문자 획이 강조된 이진 영상으로 변환될 수 있도록 하였다.

$$DoG(x,y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_1^2}} - e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_2^2}} \quad (1)$$

식 (1)의 DoG 필터를 차량 영상과 컨볼루션하면 [그림 3]과 같이 에지 부분에서 부호가 교차(zero crossing)된다. 차량 영상을 DoG 필터링해서 얻은 에지 영상에서 번호판 영역만 별도로 추출한 예를 [그림 4](a)에 도시하였다. 녹색 번호판 에지 영상의 경우 좌측에서 우측으로 스캐닝하면서 +에서 -로 변하는 점을 시작점으로 하고 -에서 +로 변하는 점을 끝점으로 두 점 사이를 연결하면 [그림 4](b)와 같이 문자 획이 강조된 이진 영상을 얻을 수 있다. 흰색 번호판 영상의 경우에는 부호를 반대로 고려해서 이진 영상을 만들 수 있다.



(a) 녹색 번호판 (b) 흰색 번호판
그림 3. DoG 필터링 결과에서 에지 추출



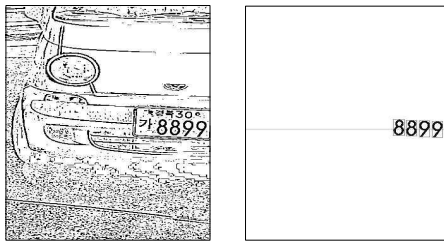
(a) DoG 필터링 영상 (b) 이진화 영상

그림 4. 차량 영상에 대해 DoG 필터링한 결과를 이용해서 이진 영상을 생성한 예

입력된 차량 영상에 대해서 DoG 필터링한 다음 부호 교차점 정보를 이용해서 이진 영상으로 변환하고 연속된 4개의 숫자들을 검출한 영상들의 예를 [그림 5]에 도시하였다.



(a) 입력 차량 영상 (b) DoG 필터링 영상



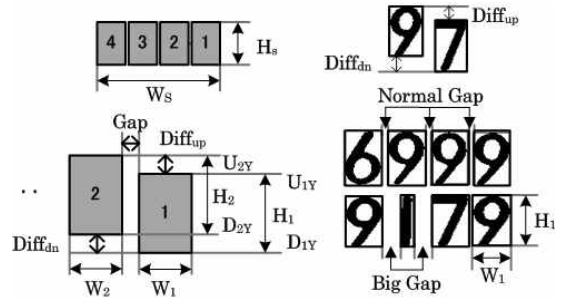
(c) 이진화 영상 (d) 숫자열 검출

그림 5. 차량 영상에서 문자 획을 강조한 이진 영상을 추출하고 숫자열을 검출한 예

2. 번호판 영역 검출 알고리즘

이진 영상에서 연결화소(connected component)들로 구성된 블롭(blob)들을 추출하였다. 모든 블롭들의 위치와 크기를 해석해서 숫자열을 찾고 번호판 영역을 추정하였다.

번호판 영상에서 4개의 큰 숫자 배열에는 고유한 규칙성이 내재되어 있다. 즉, 숫자의 높이, 숫자의 가로 세로 길이 비율, 인접 숫자 사이의 간격, 인접 숫자 사이의 상단 및 하단의 높이 차이 그리고 전체 숫자 배열의 길이 등이다.



(a) 숫자 배열 규칙 (b) 숫자 영상 적용

그림 6. 연속 4개 큰 숫자들의 배치 규칙

[그림 6]에 숫자들의 배치 규칙과 이를 숫자 영상에 적용한 예를 도시하였다. [그림 6]에 표시한 매개변수들을 이용해서 번호판에 있는 큰 숫자들의 배치 규칙들을 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\alpha < H_i < \beta \tag{2}$$

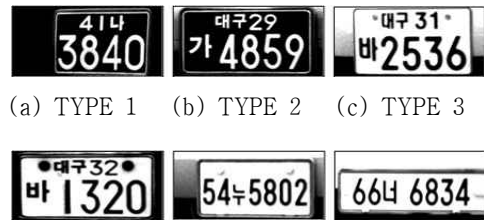
$$W_i/H_i < 0.9 \tag{3}$$

$$\text{Gap} < 0.3 \times H_1 \tag{4}$$

$$\text{Diff}_{up} < 0.2 \times W_1 \text{ and } \text{Diff}_{dn} < 0.2 \times W_1 \tag{5}$$

$$W_s < 4 \times H_1 \tag{6}$$

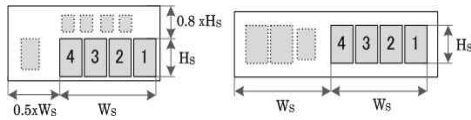
식(2)에서 숫자의 최소 및 최대 높이인 α 및 β 는 차량 영상의 크기에 따라 결정된다. 식 (2)-(6)에 나열한 숫자 열 규칙에 따라 우측에서 좌측으로 블롭들을 해석하고 연속된 4개의 큰 숫자들을 찾았을 경우 그 위치 정보를 이용해서 번호판 영역을 추정하였다. 번호판의 종류를 번호판 색상, 숫자와 한글의 배치 형태 그리고 문자 사이의 간격 등에 따라 [그림 7]과 같이 6가지 유형으로 구분하였다. TYPE 1 - TYPE 4는 이중으로 문자들이 배치된 유형이고 TYPE 5 및 TYPE 6는 한 줄로 문자들이 배치된 유형이다.



(a) TYPE 1 (b) TYPE 2 (c) TYPE 3
(d) TYPE 4 (e) TYPE 5 (f) TYPE 6

그림 7. 차량 번호판의 6가지 유형 구분

차량 영상에서 4개의 연속된 큰 숫자 열을 찾았을 때 문자들이 두 줄로 배치된 TYPE 1 - TYPE 4와 한 줄로 배치된 TYPE 5 및 TYPE 6의 두 가지 형태로 구분해서 번호판의 나머지 영역을 추정하였다. [그림 8]에 두 가지 형태의 번호판 영역 추정 규칙을 도시하였다.



(a) TYPE 1 - TYPE 4 (b) TYPE 5 및 TYPE 6

그림 8. 두 가지 형태의 번호판 영역 추정 규칙

숫자열의 가로 길이 W_s 및 높이 H_s 를 기준으로 TYPE 1에서 TYPE 4의 경우 가로 1.5배 세로 1.8배, TYPE 5 및 TYPE 6의 경우 가로 2배로 왼쪽 및 위쪽으로 확장시켜 번호판 영역을 추정하였다. 고속처리를 위해 축소된 영상으로부터 번호판 영역을 추정할 다음 원본 영상으로부터 번호판 영역을 추출할 때에는 [그림 8]과 같이 가장 자리에 여유 공간을 추가하였다. 두 가지 형태로 추정한 번호판 영역에 대해서 보다 정밀한 블롭 해석 과정을 거쳐 정확한 번호판의 유형을 알아내고 개별 문자들을 추출하였다.

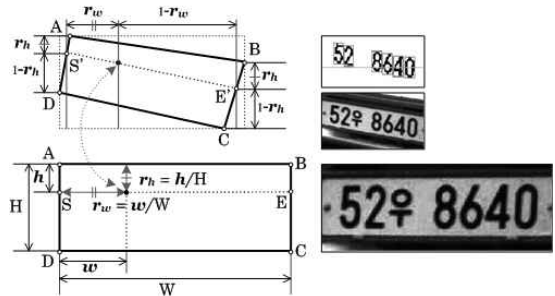
IV. 차량 번호판 개별 문자 추출 및 인식

입력된 영상의 번호판이 녹색 또는 흰색 중 어느 것인지 모르기 때문에 각 경우에 대해서 별도로 번호판 영역 추출 과정을 수행하였다. 추출된 번호판의 색상과 종류를 확인하고 기하학적 왜곡에 대한 보정 작업과 배경으로부터 문자 획을 강조하기 위한 영상 개선 작업을 수행 하였다. 블롭들의 위치 및 크기를 해석한 결과에 따라 [그림 7]의 번호판 유형을 결정한 다음 개별 문자 영역을 정확하게 추출하고 신경망을 이용해서 번호판의 숫자 및 한글들을 인식하였다.

1. 번호판 영상의 왜곡보정 및 영상개선

번호판 영역 검출과정에서 찾은 연속된 숫자들의 위

치 정보를 이용해서 번호판 영상의 기하학적 왜곡에 대한 보정 작업을 수행하였다.



(a) 기울기 보정 상관관계 (b) 기울기 보정 및 정규화
그림 9. 번호판 영상의 기하학적 왜곡 보정 및 정규화

[그림 9] (a)에 임의의 사각형 형태를 정규화된 직사각형으로 변환할 때 적용한 상관관계를 도시하였다. 직사각형 영상의 직선 \overline{SE} 상의 각 화소에 대응되는 화소들을 원본 영상에서 찾기 위해 먼저 직선의 수직 길이 비율정보를 이용해서 직선 $\overline{S'E'}$ 을 구하였다. 직선 \overline{SE} 상의 각 화소들은 해당 화소의 위치에 대한 가로 비율정보를 이용해서 직선 $\overline{S'E'}$ 로부터 구할 수 있다. 대응되는 화소 값을 구할 때 보간법(interpolation)을 사용하여 [그림 9] (b)와 같이 높은 해상도의 보정 결과를 얻을 수 있도록 하였다.

기울기 보정 및 영상 개선 작업을 수행함으로써 배경에 대해서 문자 획이 강조된 선명한 이진영상을 얻을 수 있도록 하였다.

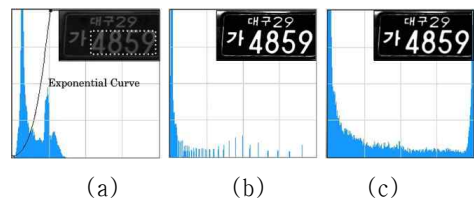


그림 10. 번호판 영상의 개선 예 (a) 지수 변환 함수 추정 (b) 지수 함수 변환 (c) 가우시안 평활화

문자 획이 강조된 영상 개선을 위해 [그림 10] (a)와 같이 점선으로 표시한 문자 영역 내의 화소들만 고려해서 히스토그램을 구하고 영상 개선을 위한 변환 함수를 추정하였다. 특히 녹색 번호판과 흰색 번호판은 서로

다른 형태의 히스토그램 분포를 갖기 때문에 시뮬레이션 경험에 따라 각각 별도의 지수 변환 적용 구간을 추정하고 식 (7)에 따라 영상개선 작업을 수행하였다.

$$h(x,y) = a \exp(f(x,y)) - b \quad (7)$$

식 (7)에서 a 및 b 는 변환 곡선이 적용되는 히스토그램 구간에 따라 결정되는 상수들이다. 지수 변환 함수에 따라 명도 영상 개선용 LUT(look-up table)를 생성함으로써 고속의 영상 변환 작업이 가능하도록 하였다. 지수 변환 함수에 따라 [그림 10] (b)와 같이 영상 개선 작업을 수행 한 다음 그 결과에 다시 가우시안 평활화 작업을 수행해서 [그림 10] (c)와 같이 부드러운 영상을 얻을 수 있도록 하였다.

2. 번호판 영상에서 개별 문자 추출

영상 개선작업을 수행한 명도 레벨 번호판 영상에 식 (8)과 같은 Sauvola의 적응적 이진화 방법[5]을 적용하여 이진 영상을 생성하였다.

$$t(x,y) = m(x,y) \left\{ 1 + k \left(\frac{s(x,y)}{R} - 1 \right) \right\} \quad (8)$$

식에서 임계값 $t(x,y)$ 는 국소 영역의 평균 $m(x,y)$ 와 표준 편차 $s(x,y)$ 를 이용해서 계산하였다. R 는 편차의 최대인 128로 하고 k 는 0.2에서 0.5 사이 값으로 설정하였다. Viola와 Jones의 적분 영상 개념을 도입하여 국소 영역의 크기에 관계없이 평균과 표준 편차를 고속으로 계산하였다[5].

번호판 검출과정에서 찾은 숫자들의 위치는 번호판 영상의 왜곡 보정과 영상 개선 과정에서 달라질 수 있기 때문에 식 (2)-(6)에 보인 문자열 배치 규칙에 따라 연속된 숫자 블록들의 정확한 위치를 다시 추정하였다. 연속된 4개의 숫자 블록들의 위치를 기준으로 나머지 주변 블록들의 위치 및 크기들을 해석하고 번호판의 유형을 판단하였다.

번호판 유형에 따라 해석한 숫자 블록과 한글 블록들에 대해 각각 별도의 신경망 인식기를 사용해서 문자 인식을 수행하였다. 문자 추출과정에서 잡음으로 인해 녹색 번호판과 흰색 번호판의 판단이 모호할 경우에는

추출한 블록들에 대해서 문자 인식을 시도해보고 그 결과에 따라 최종 판단을 하였다.

3. 개별 문자 인식 알고리즘

번호판 영상으로부터 추출한 숫자 및 한글 데이터 각각에 대해서 별도의 문자 인식용 신경망을 구현하고 문자 블록들을 인식하였다.

문자 블록들의 크기를 정규화 시키고 메쉬 피쳐, 절단 피쳐, 거리 피쳐 그리고 투영 피쳐 등 네 가지 종류의 피쳐들을 추출해서 신경망의 입력으로 사용하였다. 메쉬(mesh) 피쳐는 문자영역을 가로 및 세로로 분할하고 각 분할 영역에서 구한 문자 화소 개수들의 분포를 이용해서 계산하였다. 절단(crossing) 피쳐는 문자영역을 가로 및 세로 방향으로 스캐닝할 때 만나는 문자 획 개수들의 분포를 이용해서 계산했다. 거리(distance) 피쳐는 외접 사각형에서 문자 획까지의 거리 분포를 이용해서 계산했다. 투영(projection) 피쳐는 문자영역을 가로 및 세로 방향으로 투영했을 때 누적되는 문자 화소 개수들의 분포를 이용해서 계산했다.

번호판 색상의 종류, 주야간 입력 시간 차이, 번호판의 왜곡형태 그리고 폰트 종류 등을 다양하게 반영할 수 있는 번호판 영상을 선정해서 학습용 문자들을 추출하고 신경망을 훈련시켰다.

V. 시뮬레이션 결과 및 고찰

구경과 대학에 설치된 상용 LPR 시스템의 카메라로부터 입력받은 6,200장의 차량 영상 데이터를 사용해서 [그림 11]과 같이 차량 번호판 인식용 시뮬레이션 소프트웨어를 구현하고 인식 성능을 분석하였다.



그림 11. 번호판 인식용 시뮬레이션 인터페이스 구현

LPR 시스템으로부터 획득한 1296x964 크기의 명도 영상들을 이용해서 번호판 검출, 문자 추출 및 인식 알고리즘을 구현하였다. 번호판 영역 추정 단계에서는 검출 속도를 빠르게 하기 위해서 차량영상의 크기를 1/4로 축소한 648x482 크기의 영상을 사용하였다. 번호판 영역을 추정한 이후에는 다시 원본 영상을 대상으로 번호판 인식용 영상을 추출하였다.

문자 인식용 신경망을 구현하기 위해서 차량 영상 데이터베이스에 포함된 10개의 숫자 및 35개의 한글 샘플들을 추출하였다. 숫자 인식기 및 한글 인식기를 별도로 구현했으며 각 출력 클래스별로 400개의 표준 샘플들을 사용해서 신경망을 학습시켰다. 신경망의 입력으로 매쉬 피쳐 56개, 절단 피쳐 22개, 거리 피쳐 44개 그리고 투영 피쳐 22개 등 전체 144개의 피쳐를 사용하였다. 은닉층 뉴런의 개수는 실험에 따라 45개로 설정하였다.

표 1. 차량 영상에서 번호판 추출 성공률

종류	영상 개수	추출 성공	성공률
녹색	3,414	3,298	96.6%
흰색	2,786	2,748	98.6%
합계	6,200	6,046	97.5%

[표 1]에 번호판 추출 결과를 도시하였다. 번호판 추출 결과에서 흰색 번호판의 경우 녹색 번호판에 비해 추출 성공률이 높게 나타났다. 흰색 번호판의 경우 녹색 번호판에 비해 명도 대비가 높아서 문자 획이 잘 보존된 이진 영상을 만들 수 있었기 때문이다. 녹색 번호판에서 흰색 테두리가 문자에 접촉되었을 때는 개별 문자 블롭을 추출하는데 에러가 발생하는 경우가 있었다.

검출된 차량 번호판을 대상으로 신경망을 이용한 문자 인식을 시도하고 그 결과를 [표 2]에 도시하였다. 문자 인식 대상은 번호판의 아래 줄 전체 한글 및 숫자로 하였다. 번호판의 인식 대상 문자들 중에서 하나의 문자라도 인식에 실패하면 해당 번호판의 인식은 실패한 것으로 간주하였다.

표 2. 추출된 번호판 영상의 인식률

종류	영상 개수	번호판 인식	인식률
녹색	3,298	3,235	98.1%
흰색	2,748	2,716	98.8%
합계	6,046	5,951	98.4%

본 연구에서는 녹색 번호판과 흰색 번호판을 동시에 고려하였으며 먼저 녹색 번호판이라 가정하고 인식을 시도해 보고 이어서 흰색 번호판에 대한 인식을 시도하였다. 인텔 i7 CPU 및 2.8GHz의 컴퓨터에 비주얼 C/C++로 구현한 시뮬레이션 시스템에서 하나의 차량 영상으로부터 번호판을 검출하고 인식하는데 평균 0.05초가 소요되었다. 제안한 알고리즘은 연속적으로 입력되는 차량영상에 대해서 1초당 20프레임 정도로 인식할 수 있어서 실시간 차량 번호판 인식 시스템에 효율적으로 사용될 수 있음을 확인하였다.

[그림 12]에 기울어진 번호판 영상, 햇빛에 반사된 번호판 영상 그리고 그림자 영향을 받은 번호판 영상 등에 대해서 번호판 영역을 검출하고 영상을 개선한 다음 개별 문자들을 추출하여 인식한 예를 보였다.



(a) 기울어진 번호판 영상의 인식 예



(b) 햇빛에 반사된 번호판 영상의 인식 예



(c) 그림자 영향을 받은 번호판 영상의 인식 예

그림 12. 다양한 차량 영상에서 번호판 검출, 왜곡 보정 및 영상 개선 그리고 문자들의 인식 결과 예

실험결과 비교적 양호한 차량 영상에 대해서는 번호판 검출 및 인식에 어려가 거의 없었으나 번호판 테두리나 잡음에 문자 획이 붙어있거나 문자 획에 그림자가 나타나서 배경과 문자 획 사이의 명암도 차이가 낮을 때에는 번호판 검출 및 인식에 어려가 발생하는 경우가 있었다.

향후 번호판 문자가 주변 잡음 블롭에 접촉되어 있는 경우에도 정확하게 번호판을 검출하고 인식할 수 있는 알고리즘 개발에 대한 연구가 계속될 필요가 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 차량의 기울어짐, 햇빛 영향 그리고 그림자 영향 등의 왜곡에 불변한 차량 번호판 검출 및 인식 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션을 통해서 그 성능을 분석하였다.

DoG 필터를 이용해서 문자 획이 강조된 이진 영상을 생성하였으며 상향식 번호판 해석 알고리즘을 사용해서 다양하게 왜곡된 차량 영상으로부터 번호판 영역을 비교적 정확하게 검출할 수 있도록 하였다. 번호판 영상의 기하학적인 왜곡을 고속으로 보정하고 문자 획이 강조된 영상 개선 방법을 사용함으로써 신경망을 이용한 개별 문자 인식 성능이 높아지도록 하였다.

상용 LPR 시스템의 카메라로부터 입력받은 6,200장의 차량 영상에 대해서 시뮬레이션 해 본 결과 97.5%의 번호판 검출률을 얻었고 검출된 번호판 영상에 대해서 98.4%의 인식률을 얻을 수 있었다. 하나의 차량 영상에 대한 인식 속도가 0.05초 정도로서 제안한 알고리즘은 실시간 응용에도 효율적으로 사용될 수 있음을 확인하였다.

참고 문헌

[1] M. Y. Kim and Y. D. Kim, "An Approach to Korean License Plate Recognition Based on Vertical Edge Matching," Systems Man and

Cybernetics, IEEE International Conference Vol.4. pp.8-11, 2000.

[2] M. Ko, "Effective License Plate Character Recognition Based on Geometric Invariant Features," Ph. D. dissertation, Kyungpook National University, 2004.

[3] K. Deb, H. Chae and K. Jo, "Vehicle License Plate Detection Method Based on Sliding Concentric Windows and Histogram," J. of Computers, Vol.4, No.8, pp.771-777, 2009.

[4] B. Enyedi, L. Konyha, and K. Fazekas, "Real Time Number Plate Localization Algorithms," J. of Electrical Engineering, Vol.57, No.2, pp.69-77, 2006.

[5] F. Shafait, D. Keysers, and T. M. Breuel. "Efficient Implementation of Local Adaptive Thresholding Techniques using Integral Images," SPIE DRR'08, San Jose, CA, USA. 2008(1).

저자 소개

김진호(Jin-Ho Kim)

정회원



- 1986년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학사)
- 1988년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학석사)
- 1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학박사)

▪ 1992년 3월 ~ 현재 : 경일대학교 전자공학과 교수
<관심분야> : 패턴인식, 영상처리, 컴퓨터비전