

칼라정보와 주성분분석법을 이용한 차량 번호판 인식에 관한 연구

Vehicle License Plate Recognition System using Color Information and PCA

한수환, 박성대, 김판곤
동익대학교 공과대학 영화영상, 멀티미디어공학부

Han Soow-Han, Park Sung-Dae, Kim Pan-Gon
Division of Visual & Multimedia
Engineering, Donggeui University

요약

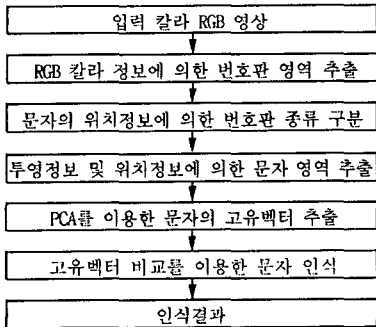
본 연구에서는 칼라정보와 주성분분석법(principal component analysis : PCA)을 이용한 차량 번호판 인식시스템을 구성하였다. 먼저 입력된 차량 영상에서 번호판의 형태적 특징과 녹색 칼라 정보를 이용하여 번호판 영역을 추출하였으며, 추출된 번호판내의 문자 및 숫자의 위치적 특징을 이용하여 번호판의 종류(구형, 신형, 최신형)를 구분하였다. 이렇게 추출되고 구분된 번호판은 문자의 상대적 위치정보와 수평 및 수직 투영 정보를 함께 이용하여 각각의 문자영역을 분리 추출하였다. 추출된 문자영역은 주성분분석법을 이용하여 고유벡터를 추출한 후 문자 인식에 사용하였다. 본 논문의 실험과정에서는 다양한 시간대 환경에서 촬영된 주행 중인 자동차 320대의 자가용 차량영상에 대하여 실험하였으며 높은 번호판 추출률과 번호판종류 구분을 그리고 문자 인식률을 얻을 수 있었다.

I. 서론

자동차 산업의 급속한 발전으로 인한 차량 수의 지속적인 증가에 반하여 대부분의 차량 관계 및 과금, 법규 위반 차량의 적발 등은 주로 인적 자원에 의해 수행되고 있는 실정이다. 이러한 인적 자원 낭비 문제점 해결을 위한 중추적인 기술이 차량 번호판 자동 인식 시스템으로 지난 수 년 동안 좀 더 효과적인 차량 번호판 자동인식 시스템의 개발을 위해 국내외적으로 활발한 연구[1-3]가 진행되어 왔으며 본 논문에서도 상용시스템으로의 발전을 위한 전처리 과정의 간결화와 인식률 향상을 기하였다.

자동차 번호판 인식시스템은 획득된 자동차영상에서 번호판 영역을 추출하는 과정과 추출된 번호판 영역에서 각각의 문자영역을 분리하고 인식하는 과정으로 크게 나누어진다. 본 논문에서는 입력된 차량영

상에서 번호판 영역이 다른 영역보다 RGB 칼라의 녹색 밀집도가 높다는 특성과 함께 녹색성분(G)과 다른 두 성분(R,B)의 차이정보가 어느정도 일정한 값 이상을 유지한다는 것을 이용하여 번호판을 추출하였다. 이렇게 추출된 번호판영역은 수평, 수직 방향으로의 투영정보와 각 문자의 상대적 위치정보를 병합하여 번호판의 종류를 구분하고 문자영역을 추출하였다. 다음으로, 주성분분석법(PCA)을 이용하여 추출된 문자영역들로부터 문자인식에 필요한 중요한 정보인 고유벡터(feature vector)를 추출 하였다. 본 연구에서는 영상공간의 분포를 가장 잘 표현하는 기저벡터집합을 찾아내어 이 기저벡터집합이 생성하는 부공간에 영상을 투영하는 PCA를 인식기로 활용하였다. 따라서 본 논문에서 제안된 차량 번호판 인식 시스템을 개략적으로 요약해 보면 그림 1과 같다.



▶▶ 그림 1. 제안된 차량 번호판 인식시스템 개요

II. 번호판 추출과 종류구분

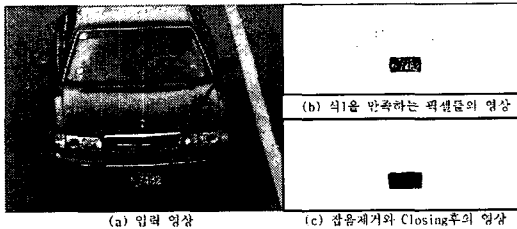
1. 번호판 영역 추출

본 논문에서는 입력된 차량영상의 RGB 칼라정보를 HSI 모델로의 변환과정[4][5] 없이, 자가용 차량의 번호판 영역의 녹색성분(G)과 다른 두 성분(R, B)의 차이 값을 이용하여 번호판 영역을 추출하였다.

번호판 영역의 녹색 조건은 식(1)과 같으며 조건을 만족하는 픽셀들은 검은 점으로 표시(black marking)되었다.

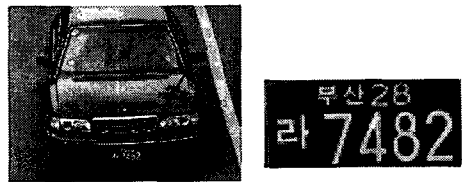
$$\begin{aligned}
 & \text{For each pixel of input image,} \\
 & P(x,y) = \{(x,y) | G(x,y) > R(x,y) \text{ and} \\
 & \quad G(x,y) > B(x,y) \text{ and} \\
 & \quad (G(x,y) - R(x,y)) > Th_1 \text{ and} \\
 & \quad (G(x,y) - B(x,y)) > Th_2\} \quad (1)
 \end{aligned}$$

Th_1, Th_2 는 샘플 번호판 영역의 색상원소 차이값($G-R, G-B$)의 최소값 평균.



▶▶ 그림 2. 입력 차량 영상과 식(1)에 의해 추출된 녹색 픽셀

그림 2는 식(1)에 의해 검은 점으로 표시된 녹색 픽셀들을 나타낸 것으로 노이즈를 제거한 후 번호판 후보영역의 검출을 높이기 위해 채움(Closing)연산을 적용하였다. 다음으로 노이즈가 제거된 영상에서 번호판 영역을 추출하기 위하여 일정크기(50×100)의 탐색윈도우가 적용되었다. 설정된 탐색윈도우를 그림 2 (c)영상의 왼쪽 상단에서부터 시작하여 오른쪽 하단까지 그리고, 오른쪽 하단부터 외곽 상단까지 한 픽셀씩 이동시켜 가장 많은 검은 점들을 포함하는 두 좌표를 구하여 번호판 영역을 추출하며 추출된 번호판은 그림 3과 같다.

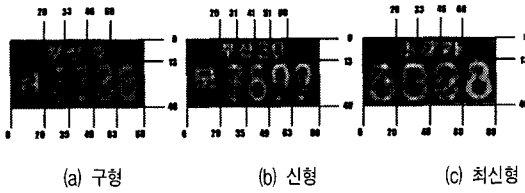


(a) 입력 영상 (b) 추출된 번호판 영역
▶▶ 그림 3. 입력영상과 추출된 번호판영역

추출된 번호판은 번호판 테두리의 특성을 이용하여 정확한 번호판 영역을 추출해낸 후 번호판 종류별 구분을 위하여 모두 일률적으로 40×80픽셀의 크기로 정규화 시킨다.

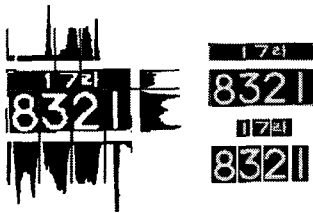
2. 번호판의 종류 구분과 문자 추출

현재 자가용 번호판에 사용되는 번호판은 세종류로 구분이 된다. 이 세 번호판은 문자 및 숫자의 글꼴이 다르며, 각각의 위치 및 번호판 내의 문자 및 숫자의 사용 개수 등이 다르므로 문자의 정확한 분리와 인식을 위해서는 우선 번호판의 종류를 구분하는 것이 필요하다[6]. 본 연구에서는 구형, 신형, 최신형으로 세 종류의 번호판으로 구분하며, 각각의 번호판의 문자 위치의 특징을 이용하여 번호판의 종류를 구분하였다. 그림 4는 각각 40×80 크기로 정규화 된 세 가지 번호판에서의 문자의 위치 정보를 나타내고 있다.



▶▶ 그림 4. 자가용 번호판의 종류와 위치정보

추출된 번호판 영역에서 번호판의 종류가 구분 되면, 종류에 대한 정확한 문자의 추출을 위하여, 구분된 번호판의 문자의 상대적 위치정보와 수평, 수직방향의 투영정보가 함께 이용되었다. 먼저 이치화된 번호판 영역을 수평방향으로 투영시켜 문자와 문자 사이의 최소골을 찾아 번호판의 상단부인 문자 및 작은 숫자 영역과 하단부인 한글 문자와 큰 숫자 영역으로 분리한다. 이렇게 분리된 상단부와 하단부 각각에 대하여 다시 수직방향으로 투영시켜 문자와 문자 사이의 최소골을 찾아 각 문자 영역들을 분리한다. 번호판영역에서의 문자 구분선과 수평, 수직방향의 투영 정보 그리고 분리된 문자는 그림 5에 표시되어 있다.



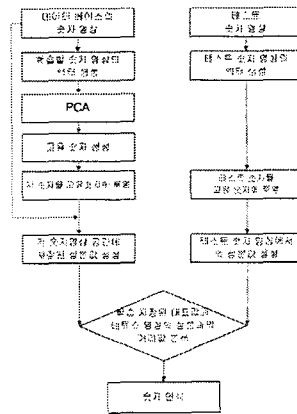
▶▶ 그림 5. 번호판의 문자 구분선과 수평, 수직 투영을 이용한 각 문자의 분리

이렇게 분리된 문자들은 히스토그램 평균화과정을 거친 후 PCA를 적용하여 문자 인식에 사용될 고유 벡터를 추출하게 된다.

III. 주성분 분석법(PCA)

주성분분석법(principal component analysis: PCA)은 영상공간의 분포를 가장 잘 표현하는 기저

벡터집합을 찾아내어 이 기저벡터집합이 생성하는 부공간(sub-space)에 영상을 투영하는 방법이다 [7-9]. 이러한 투영기법은 적은 양의 정보량으로도 물체의 특징을 표현하는 장점을 가지고 있다. 그림 6은 본 연구에 사용된 PCA 문자 인식 흐름도이다.



▶▶ 그림 6. PCA 문자 인식 흐름도

먼저 분리된 그레이 레벨(gray-level)의 각 문자 영역은 크기 정규화(size normalization) 과정을 거친 후 촬영상태의 밝기 변화에 대한 영향을 줄이기 위해 히스토그램 균일화(histogram equalization) 과정을 수행한다. 다음으로, 20×20크기로 정규화 된 숫자 영상의 샘플들(0-9까지 각각 8개)을 벡터로 표현하기 위하여 숫자들의 이미지를 400×80의 벡터 이미지로 변환시킨다. 이렇게 변환된 이미지를 이용하여 식(2)를 적용하여 숫자의 평균영상(ψ)을 구한다. 그런 다음 숫자의 이미지들에서 평균영상을 뺀 벡터를 식(3)을 이용하여 구한 후 이 벡터 영상의 공분산 행렬을 식(4)를 적용하여 만든다. 그런 다음 식(5)를 이용하여 최종적으로 숫자인식에 필요한 고유벡터 25개를 추출한다(고유값이 큰 순으로 25개 설정). 이러한 과정은 그림 7에 표시되어 있다.

$$\psi = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M T_n \quad (M = 1, 2, \dots, 80) \quad (2)$$

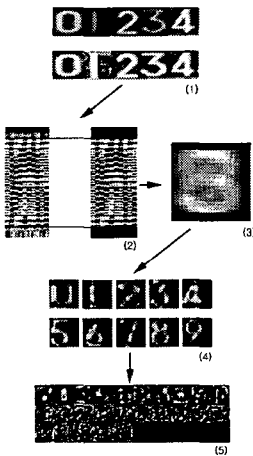
$$\phi_n = (T_n - \psi) \quad (3)$$

$$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \phi_n \phi_n^T \quad (4)$$

$$[P, V] = Eig(C)$$

$$X_k = Sort(P, V) \quad (k=1,2,...25) \quad (5)$$

M : Traing 데이터의 총 개수 T_n : Traing 데이터
P : 고유벡터, V : 고유값, X : 오름차순 정렬된 고유벡터



- (1) Resize된 영상의 히스토그램 균일화
- (2) 학습 데이터 영상의 벡터 변환
- (3) 학습 데이터의 평균 영상
- (4) 각 숫자 영상에서 평균영상을 뺀 영상
- (5) 25개의 고유벡터영상

▶▶ 그림 7. PCA에서의 고유벡터 추출 과정

고유벡터를 이용한 인식과정은 새로운 숫자 이미지가 입력이 되면 고유벡터 공간으로 투과시켜 그 성분 벡터(1x25)를 구한 후 각각의 숫자에 대하여 미리 학습되어진 고유벡터공간에서의 성분 벡터와 거리 값을 계산한 후 거리 값이 최소가 되는 숫자를 인식하게 된다. 여기서 거리 값의 계산은 유클리디안 거리 (euclidean distance)가 적용되었다.

IV. 실험 및 결과 분석

본 실험에서는 디지털 카메라로 다양한 시간대에서

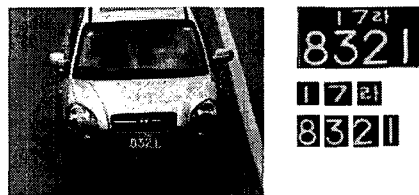
촬영한 주행 중인 자가용 승용 및 승합용 차량 320대의 영상을 대상으로 Matlab 7.0을 이용하여 팬티엄4 상에서 번호판 추출 및 문자영역 인식 과정을 수행하였다. 입력 영상은 480×640 RGB 칼라 영상으로 320대 중 317대의 차량영상에서 그림 8와 같이 번호판 및 문자 영역을 성공적으로 추출할 수 있었으며, 추출된 번호판은 모두 번호판 종류 즉 구형, 신형, 최신형으로 구별이 가능하였다. 표 1은 입력영상에서 추출된 번호판의 개수 및 추출률 그리고 번호판종류 구분률을 보여주며, 표 2는 번호판 종류별로 분리 획득한 등록번호와 용도별번호 개수다. 입력영상 320대에서 성공적으로 추출되고 구분되어진 번호판 317개의 1879개의 숫자 샘플들 중 용도별번호는 번호의 종류 (0-9)별로 다양한 추출이 어려움에 따라 등록번호 1268개에 대하여만 모두 같은 크기(20x20)로 정규화시킨 후 인식과정을 실험하였다.

[표 1] 입력차량영상의 번호판 추출률 및 번호판 종류 구분률

번호판종류 \ 개수	입력영상 개수	입력영상의 번호판추출률	추출된 번호판종류구분률
최신형	58개	58개(100%)	58개(100%)
신형	237개	236개(99.57%)	236개(100%)
구형	25개	23개(92%)	23개(100%)
합계	320개	317개	317개

[표 2] 번호판 종류와 분리 획득된 숫자의 수

번호판종류 \ 개수	등록번호	용도별번호
최신형	232개	116개
신형	944개	472개
구형	92개	23개
합계	1268개	611개



▶▶ 그림 8. 입력영상상과 추출된 번호판 및 문자영역 샘플

본 논문에서는 사용된 PCA의 학습을 위한 학습샘플 선택과 수의 변화에 따라 서로 다른 3가지의 실험환경을 설정하고 각 실험환경에서 3번씩 인식 실험을 수행하여 그 결과를 평균화 하였다.

실험환경 1:

학습샘플 수: 40개(번호판의 종류에 관계없이 각 숫자에 대한 학습패턴을 임의로 4개씩 선택 학습 후 전체 숫자인식)

실험환경 2:

학습샘플 수: 40개(세 종류의 번호판 종류별로 각 숫자에 대한 학습패턴을 각각 임의로 4개씩 선택 학습 후 번호판 종류별로 인식)

실험환경 3:

학습샘플 수: 80개(세 종류의 번호판 종류별로 각 숫자에 대한 학습패턴을 각각 임의로 8개씩 선택 학습 후 번호판 종류별로 인식)

[표 3] 실험환경 1의 인식결과

번호판종류 \ 인식률	등록번호 개수	등록번호에 대한인식률			평균 인식률
		실험1	실험2	실험3	
최신형	232개	88.8%	96.5%	93.1%	92.8%
신형	944개	84.5%	93.9%	91.2%	89.9%
구형	92개	92.7%	70.0%	75.0%	79.2%
Avr.	총1268개	88.6%	86.8%	86.4%	87.3%

[표 4] 실험환경 2의 인식결과

번호판종류 \ 인식률	등록번호 개수	등록번호에 대한인식률			평균 인식률
		실험1	실험2	실험3	
최신형	232개	98.2%	96.9%	98.7%	97.9%
신형	944개	93.4%	95.4%	95.7%	94.8%
구형	92개	90.6%	88.5%	93.7%	90.9%
Avr.	총1268개	94.1%	93.6%	96.0%	94.5%

[표 5] 실험환경 3의 인식결과

번호판종류 \ 인식률	등록번호 개수	등록번호에 대한인식률			평균 인식률
		실험1	실험2	실험3	
최신형	232개	98.7%	98.3%	99.6%	98.9%
신형	944개	94.2%	96.1%	96.4%	95.6%
구형	92개	95.8%	96.9%	97.9%	96.9%
Avr.	총1268개	96.2%	97.1%	97.9%	97.1%

표 3에서 나타난 것과 같이 임의로 번호를 선택한 후 학습하여 나타난 인식률은 전체 인식률에서 표 4 보다 상대적으로 낮게 나타난 것을 알 수가 있었다. 이러한 이유는 인식과정에서 생성된 고유벡터 성분 추출과정에서 글꼴의 차이 때문에 생긴 오차에 기인한 것으로 판단할 수 있었다. 그러나 표 4, 5의 결과와 같이 구분된 번호판의 글꼴별로 고유벡터를 추출하여 학습하고 비교된 본 논문의 인식시스템에서는 번호판 종류별 인식률이 실험환경 2에서는 최대 98.7%, 그리고 실험환경 3에서는 99.6%의 인식률이 나타났으며, 전체 평균인식률은 실험환경 2, 3에서 각각 94.5%와 97.1%의 높은 인식률을 얻을 수 있었다. 또한 표4, 5에서 보이는 것처럼 실험환경 4의 경우보다 실험환경 5의 경우처럼 학습샘플의 수가 증가함으로써 일정한 폭의 인식률 상승을 기할 수 있었다.

V. 결론

본 연구에서는 입력영상의 RGB 칼라정보와 문자의 위치 정보를 이용하여 번호판추출과 번호판의 종류를 인식하였으며, 추출된 번호판 영역의 가로, 세로 투영정보 및 문자의 상대적 위치정보 등을 이용하여 번호판영역으로부터 문자영역을 분리 추출하였다. 이렇게 추출된 문자영역의 고유성분을 주성분분석법(PCA)을 이용하여 번호판 종류별(구형, 신형, 최신형)로 추출 비교함으로써 문자 인식과정을 수행하는 차량 번호판 인식시스템을 구성하였다. 다양한 환경에서 촬영된 320대의 자가용 차량영상에 대하여 높은 번호판 영역 추출률 및 번호판종류 구분률 그리고 문

자 인식률을 얻을 수 있었다. 앞으로 제안된 인식시스템의 활용도를 높이기 위하여 번호판의 용도별번호와 문자의 다양한 자료의 획득을 수행하여 용도별번호와 번호판의 한글 문자에 대하여도 인식범위를 확대하여 실험과 연구를 할 계획이다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] Lu Xiaobo, Ling Xiaojing, Huang Wei, "Vehicle License Plate Character Recognition," IEEE Int. Conf. Neural Network & Signal Processing, Nanjing, China, December 14-17, pp.1066-1069, 2003.
- [2] 강동구, 이병모, 최선아, 김성우, 차의영, "신경망을 이용한 번호판 영역 검증에 관한 연구," 한국정보과학회 춘계 학술발표논문집, Vol.29, No.1, pp.667-669, 2002.
- [3] 임은경, 김광백, "형태학적 정보와 개선된 신경망을 이용한 차량 번호판 인식," Proceedings of KFIS Spring conference, Vol.14, No.1, pp.192-197, 2004.
- [4] 김광백, 김영주, "명암도 변화 및 HSI 정보와 개선된 ART2 알고리즘을 이용한 차량 번호판 인식," 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, Vol.29, No.5, pp.379-387, 2001.
- [5] 이운석, 김희승, "HSI 컬러 모델에 기반한 자동차 번호판 영역 추출," 1999년도 한국정보과학회 추계 학술발표논문집, Vol.26, No.2, pp.524-526, 1999.
- [6] 김도형, 이선화, 김미숙, 차의영, "자동차 번호판 영역의 문자추출과 인식에 관한 연구," 한국정보과학회 추계 학술발표 논문집, Vol.27, No.2, pp.338-340, 2000.
- [7] 이상진, "주성분 분석법과 움직임 정보, 칼라 정보를 이용한 얼굴인식의 탐색과 인식," 인하대학교 석사학위논문, 2000.
- [8] 윤국진, "주성분 분석과 교차 학습 신경망을 이용한 얼굴 인식," R&CV Lab, KAIST, 1998.
- [9] 박세제, 박영태, "얼굴인식을 위한 PCA, LDA 및 정합 기법의 비교," 정보과학회논문지:소프트웨어 및 응용, 제30권 제4호, pp.372-378, 2003.