

휴대단말기 영상에서의 기하학적 정보를 이용한 차량 번호판 인식

Recognition of Car License Plate Using Geometric Information from Portable Device Image

염희정, 은성종, 황보택근
경원대학교 일반대학원 전자계산학과

Hee-Jung Yeom(yeamhj@naver.com), Sung-Jong Eun(asclephios@hotmail.com),
Taeg-Keun Whangbo(tkwhangbo@kyungwon.ac.kr)

요약

현재 카메라로 입력된 문자 영상 처리를 위한 기술 개발이 국내외에서 활발히 이루어지고 있으나 낮은 정확도나 처리시간이 많이 걸리는 문제점 등으로 실용화 비율은 현저히 낮다. 본 논문에서는 휴대단말기 카메라에서 얻은 영상으로 기하학적 정보를 이용한 차량 번호판 인식 방법을 제안한다. 휴대폰 영상의 낮은 해상도와 부족한 명암대비, 각도 차이 등을 고려한 전처리 작업 수행 후 투영에지 누적 계산을 통해 추출된 번호판 영역에서 체인코드와 Thickness 정보를 이용하여 문자를 인식한다. 제안된 알고리즘은 기존의 차량 번호판 인식 알고리즘의 문제점과 휴대단말기 영상 처리라는 점 등을 고려하여 가볍고 처리 시간을 단축시켰으며, 실험 결과 95%의 문자 인식 성공률을 얻었다. 향후 연구로 원거리 영상이나 모션블러가 가미된 영상에서의 번호판 인식 알고리즘을 모색할 예정이다.

■ 중심어 : | 자동차 번호판 인식 | 기하학적 정보 | 휴대단말기 |

Abstract

Recently, the character image processing technology using portable device camera image at home and abroad are actively conducted, but Practical use are lower rate because of accuracy and time-consuming process problems. In this paper, we propose the license plate recognition method based on geometric information from portable device camera image. In the extracted license plate region we recognize characters using the chain code and the Thickness information through the cumulative projected edge after performing the pre-processing work considering the angle difference, the contrast enhancement and the low resolution from portable device camera image. The proposed algorithm is effective and accurate recognition by light and reducing the processing time. And, the results from the character recognition success rate was 95%. In the future, we will research about license plate recognition algorithm using long distance image or added motion blur image.

■ keyword : | License Plate Recognition | Geometric Information | Portable Device Image |

1. 서 론

사람이 기계에 필요한 것을 명령하는 것이 아니라 기

계가 알아서 사람이 원하는 서비스를 제공하는 것이 유비쿼터스[1] 컴퓨팅 서비스이다. 이를 위해서는 기계가 사람이 원하는 것을 파악하도록 하는 기술이 필요하며,

* 본 연구는 2010년도 경원대학교 지원으로 수행되었습니다

접수번호 : #100607-009

접수일자 : 2010년 06월 07일

심사완료일 : 2010년 10월 25일

교신저자 : 황보택근, e-mail : tkwhangbo@kyungwon.ac.kr

최근 인식 기술들이 활발히 개발되고 있다. 그 중 영상 인식 기술을 이용한 차량의 번호판 인식은 현재 많은 연구가 이루어지고 있는 분야이며, 무인 주차관리 시스템, 체납 차량 번호판 자동 인식 시스템 등에서 사용되고 있다.

또한, 최근 카메라 문자 인식 기술은 휴대폰 카메라 및 디지털 카메라의 대중화로 일반 사용자 편의와 현장으로부터 관련 영상 자료의 빠르고 정확한 입력 및 업무 처리 시간 단축 등의 업무 효율성 향상 등의 효과로 필요성이 증대되고 있다.

따라서 본 논문에서는 장소와 시간에 제한을 받지 않는 스마트폰, PDA나 휴대폰과 같은 휴대단말장치의 휴대용 카메라에서 얻은 영상을 이용하여 휴대단말장치에서 휴대단말기용 카메라기반 문자영상 인식 기술을 개발하고자 한다.

현재 카메라로 입력된 문자 영상 처리를 위한 기술 개발이 국내외에서 활발히 이루어지고 있으나 낮은 정확도나 늦은 처리 시간 등의 문제점으로 실용화 비율은 현저히 낮은 실정이다. 본 논문은 이러한 기존의 휴대단말기 문자 영상 처리와 차량 번호판 인식 알고리즘의 문제점을 해결하고자 기하학적 정보인 Thickness를 이용한 차량 번호판 인식 알고리즘을 제안하고자 한다. 제안 알고리즘의 성능평가 결과 95% 정확도로 별도의 학습이 필요한 기존 신경망 방법에 비해 효율적으로 처리가 되어 짐을 짐중하였다.

II. 관련연구

1. 휴대단말기용 카메라기반 문자영상 인식기술

현재 문서 영상 개선과 영상의 이진화를 위하여 비선형 영상 복원 기술 및 다중 이진화 방법을 사용하고 있으나 카메라 문자 인식을 위한 기술로는 아직 미흡한 상태이다. 또한 각종 필터를 통한 입력 영상의 잡영 제거, 문자 획 복원 및 문자 영역 추출 기술이 개발되고 있으나 배경이 복잡한 영상에서의 문자 추출률은 아직 저조하다. 이 밖에도 칼라 문서에서 문자 영역을 추출하는 기술 및 다양한 폰트를 인식할 수 있는 기술은 아

직 미흡하다.

PDA 카메라를 이용하여 단어수준의 각종 외국어를 서버로 전송하여 인식한 다음 번역 또는 정보 검색용으로 활용할 수 있는 인식 시스템이 실용화되기도 하였으나 처리 시간이 많이 걸린다는 단점이 있다.

2. 일반 영상 차량 번호판 인식

기존의 차량 번호판 인식에 관한 연구로는 색상모델에 의한 번호판 영역분할 방법, 색상의 밝기 값을 이용하는 방법 등이 있다. 그러나 이러한 방법들은 차량의 색상이 번호판의 색상과 유사할 경우나 또는 빛의 강도가 높거나 낮을 경우에는 색상구분이 어렵다는 단점이 있다. 또한 윤곽선 이진영상에 Hough[3] 변환을 적용하여 번호판의 수직 및 수평경계선을 검출하는 방법은 메모리의 양과 Hough 변환에 처리시간이 많이 소요된다는 단점이 있다.

이를 보완하기 위해 영역제한 Hough 변환도 제안되었으나, 이 방법 역시 전체 영상을 처리하기 때문에 처리시간의 측면에서는 문제점이 있다. 또한 밝기 차를 이용하여 사전에 알려진 문자 및 문자 폭을 갖는 영역을 검출한 후 크기를 확장해 나가는 방법은 인식률은 높으나, 영상 데이터의 훼손과 잡음에 민감하다는 단점이 있다.

히스토그램을 이용한 번호판 추출의 경우 히스토그램 누적치의 비교만으로는 라디에이터 등 다른 영역을 포함하는 오류가 발생한다. 게다가 신형 번호판의 경우 가로 세로 비율이 520mm×110mm로 가로길이는 길어졌지만 세로길이는 짧아졌기 때문에 그에 따라 문자의 크기도 줄어들었다. 또한 번호판 색상이 하얀색으로 변함에 따라 적용되는 기법도 변화되어야 한다.

한편 대비가 낮은 영상에 대해서는 전반적으로 인식률이 현저히 떨어진다는 단점이 있기 때문에 이러한 환경적인 요인 또한 고려 대상이 되어야 한다. 본 논문에서는 이러한 다수의 고려사항들을 감안하여 휴대용 기기에서 효율적으로 처리되면서 높은 정확도를 얻고자 예지 정보와 체인 코드, 그리고 간단한 특징정보만을 통하여 차량 번호판을 효과적으로 인식하는 알고리즘을 제안한다.

III. 제안 방식

기존 관련 연구들의 문제점과 휴대용 기기의 사용 등 다수의 사항들을 고려하여 가볍고 효과적으로 처리될 수 있는 알고리즘을 제안한다. 이는 에지 정보를 이용한 번호판 영역 추출과 패턴 매칭을 통한 번호 인식으로 구성되며, [그림 1]과 같이 크게 3부분으로 나누어진다. 1단계는 영상의 전처리 작업으로 각도의 보정, 잡음 제거, 대비 개선으로 구성된다. 2단계는 번호판의 인식 작업으로 에지정보를 이용한 추출작업을 한다. 3단계는 추출된 번호판 영역의 문자를 인식하는 단계로 체인 코드와 각 문자 별 Thickness 특징정보를 이용하여 인식하는 작업이다.

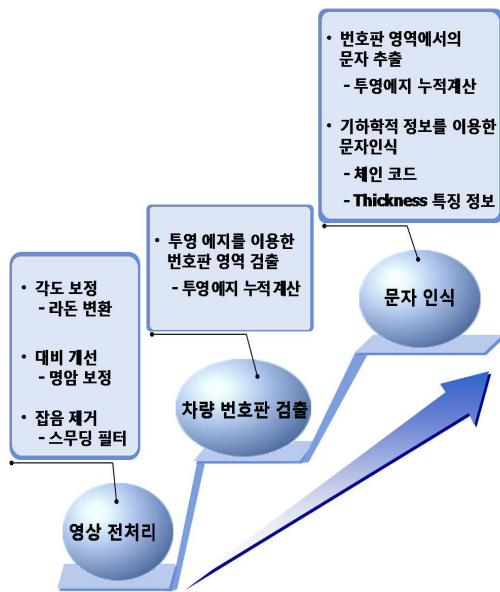


그림 1. 차량 번호판 인식 알고리즘 흐름도

1. 영상 전처리

휴대폰으로 촬영한 영상은 일반 카메라와 비교해서 해상도의 차이가 있을 수 있으며 부족한 명암대비 혹은 각도의 틀어짐 등 다수의 문제점들이 발생할 수 있다. 이는 번호판 인식에 있어 정확도 저하를 가져올 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 전처리 작업을 통하여 영상의 보정작업을 수행한다. 우선 각도의 보정을

위해 라돈 변환[6]을 이용하여 처리한다. 라돈 변환은 주어진 선이나 에너지 전달경로를 따라 대상 물체의 물성을 적분하는 것으로 선적분이라 한다. 라디안 선을 따라서 이미지 농도의 라돈변환의 계산적 영상은 구체적인 각도의 중심이 된다. 2차원 $f(x,y)$ 함수의 영상은 일정한 방향의 선적분이다. 영상은 어떤 각도를 따라서 계산할 수 있다. 일반적으로 $f(x,y)$ 의 라돈 변환은 y' 축에 평행한 f 축의 선적분이다. 이는 다음 수식 1을 통해 계산되어 진다.

$$R_{\theta}(x') = \int_{-\infty}^{\infty} f(x' \cos \theta - y' \sin \theta, x' \sin \theta + y' \cos \theta) dy'$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (1)$$

영상 이미지에서 라돈변환은 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 입력 이미지에서 계산된다. 2진에지 이미지를 계산하는데 에지 검출을 사용한다. 라돈 변환은 매트릭스에서 최대 피크 위치를 찾는다. 원영상의 이미지에서 수직선의 위치와 최대 피크의 위치는 같다. $f(x,y)$ 는 선적분하고자 하는 대상 함수이다. 이를 통해 입력 영상의 각도를 보정한다. 이에 따른 차량 영상의 각도 보정 결과는 다음 [그림 2]와 같다.



그림 2. 각도 보정

각도의 보정 후, 명암 대비 개선 작업을 수행한다. 이는 차량과 번호판과의 확실한 구분을 주기 위해 수행하는 것으로 히스토그램 스트레칭과 모폴로지 작업을 수행한다. 모폴로지 작업은 Tophat연산과 Bottomhat연산을 통하여 이루어진다[2]. 그리고 대비 작업 후 생길 수 있는 불필요한 잡음을 제거하기 위해 스무딩 필터를 사

용한다. 일반 가우시안 필터를 통하여 잡음 제거하며, 가우시안의 분산 값의 조정으로 해당 스무딩의 강도를 조절한다.

2. 차량 번호판 검출

번호판 영역 검출을 위해 에지 연산자를 이용한다[4]. 번호판의 수평, 수직 영역 계산을 위해 각도가 보정된 영상에서 수평 에지를 검출하고 이를 Y축으로 누적한 투영 에지를 계산한다. 해당 투영 에지의 임계값 조정을 통하여 수평 영역을 검출한다.

이 후, 검출된 수평 영역에서 수직 에지를 검출하여 이를 X축 방향으로 투영시킨다. 수평 영역 계산과 마찬가지로 투영 에지 값을 이용해 수직 영역을 검출한다. 누적치 값을 이용한 것은 번호판의 특성상 가로 부분이 더 넓기 때문에 먼저 수평영역의 누적치를 계산한 것이다. 이와 같은 번호판 검출 과정은 [그림 3]과 같다.

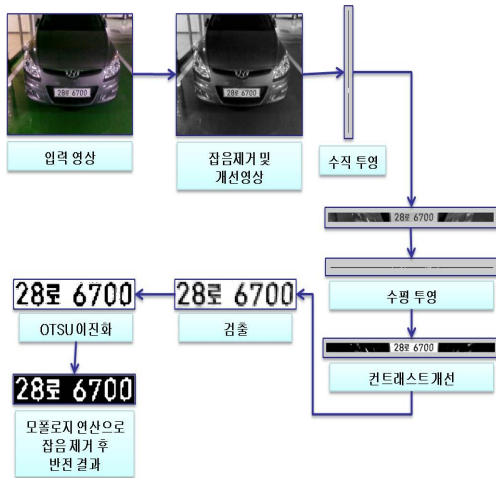


그림 3. 번호판 검출 과정

또한, 해당 번호 영역 추출을 효과적으로 처리하기 위해서 검출된 번호판 영역의 개선 작업을 수행한다. 라플라스 필터를 이용해 샤프닝 작업을 수행한 후 샤프닝으로 생길 수 있는 임펄스 잡음을 미디언 필터를 사용해 제거하여 효과적으로 영상 개선을 수행한다[2]. 그리고 검출된 수평, 수직 영역을 이용하여 이진화를 수

행해 번호를 인식하는 작업을 수행한다.

3. 번호 인식

3.1 번호판 영역에서의 문자 추출

계산된 번호판 영역의 투영에지 누적을 계산하여 번호를 추출한다. 먼저 이진화를 통해 객체를 추출한다. 이진화 방법은 OTSU 방법을 통하여 계산한다.

OTSU 방법은 클래스가 두개로 구분되어질 때 해당 클래스의 분산을 최대로 하는 문턱치를 계산하는 방법이다. 번호판의 특성상 바탕색과 문자 색 2개로 구성이 되어 있어 적합하다고 판단하여 OTSU 방법을 사용하여 문턱치를 계산해 이진화 하는 것이다.

이진화 후 문자 영역만 제외하고 불필요한 잡음들을 제거한다. 여기서 생성되는 잡음은 대체로 번호판 영역의 경계선에 인접한 잡음으로 이를 제거한다. 그리고 검출된 문자 영역의 구분이 필요하다. 이를 위해, 전 단계에서 작업하였던 방법과 동일하게 수직 영역의 누적치 값을 계산한다. 이를 통해 해당 누적치 값을 특정 문턱치를 통해 해당 구분선을 생성 한다. 이를 통해 각 문자별로 객체를 구분할 수 있게 된다.

3.2 기하학적 정보를 이용한 문자 인식

최종으로 구분된 문자들의 인식을 위해, 패턴 매칭 작업을 수행한다. 사용되는 매칭 작업은 객체의 기하학적 정보를 이용하여 처리되어진다. 본 논문에서 언급한 기하학적 정보는 체인 코드[7]를 이용한 방법과 Thickness 정보를 말한다.

첫 번째 체인 코드를 이용한 인식은 벡터의 방향 정보를 이용하여 얻은 부호화 값을 표준패턴에 대한 부호화 값과 매칭 하여 오차율을 계산한다. 오차율이 낮은 샘플영상과 기존의 매칭과정에서 추출된 영상이 일치할 경우 해당 문자를 인식하고, 다른 경우에는 분포도, 일치율, 오차율을 측정하여 최적의 결과 값을 선택한다. [그림 4]는 체인 코드의 개념을 나타낸다.

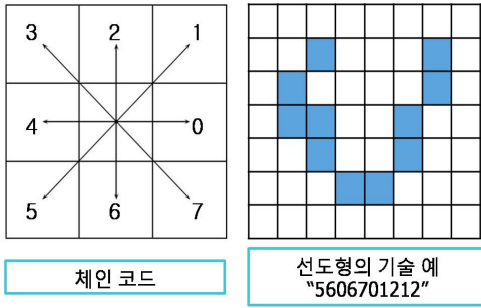


그림 4. 체인 코드를 이용한 부호화

두 번째 기하학적 정보는 Thickness 정보를 이용한 것으로 해당 객체의 문자별 고유 특징을 정의하고 이를 통해 매칭 한다. Thickness 영상은 해당 픽셀을 8방향으로 팽창시키는 것으로, 영상의 경계선 부분까지 팽창하거나 혹은 인접하고 있는 픽셀 중 방향성이 다른 픽셀과 중첩되었을 때까지 팽창하는 방법을 말한다. 본 논문은 이러한 Thickness 정보를 이용해 단순한 특징들을 비교함으로써 연산량과 처리시간을 최소화하였다.

문자별 고유의 특징은 다음 [그림 5]와 같이 추출된 문자 영상에서 계산된 Thickness 영상의 픽셀 형태와 위치정보를 이용해 경계 인접, 객체 수 및 기타 특징에 대한 Thickness 템플릿 정보를 얻는다. 이에 대한 문자별 Thickness 템플릿은 [표 1]과 같으며 샘플 중 일부를 나타냈다. 특히, 본 논문에서 제안된 Thickness 정보를 이용한 방법은 기존 방법과 가장 큰 차이점을 가지도록 한다.

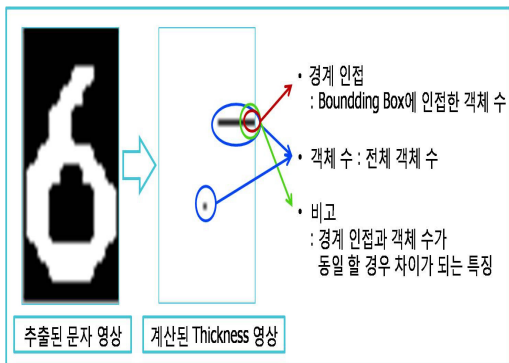


그림 5. Thickness 정의

표 1. Thickness 템플릿

문자	이진화	Thickness	경계 인접	객체 수	비고
2			좌(1) 우(1)	2	우 (하단)
6			우(1)	2	우 (상단)
7			좌(1)	1	-
0			없음	1	-
어			상(1) 하(1)	3	상, 하 (우)
로			좌(2) 우(2)	4	-
두			좌(1) 우(2)	2	-
너			상(1)	1	상 (좌)

IV. 실험결과

본 논문에서 제안한 휴대단말기 영상에서의 기하학적 정보를 이용한 차량 번호판 인식을 위한 실험을 위해 320*240 해상도의 총 60장의 차량 영상을 이용했으며, 해당 실험 영상은 20장씩 서로 다른 휴대폰 카메라로 촬영된 영상이다.

상기에 제안한 영상처리 기법들을 적용해 차량 번호판의 각도 차이나 위치에 관계없이 대부분의 차량 영상에서 번호판 영역을 인식할 수 있었으며, 번호판 영역에서의 문자 추출 후 기하학적 정보를 실제 번호판 특징 표현에 적용하고 추출된 특징 추출 결과를 이용해 문자를 인식하는 실험을 하였다.

다음 [표 3]과 같이 본 논문에서 제안한 방법을 이용해 문자 인식률에 대한 비교평가를 수행하였다. 비교 방법은 같은 해상도에서 실험하고자 휴대용 카메라에

서 얻은 320*240의 낮은 해상도 영상으로 실험을 수행하였으며, 기존의 전형적인 신경망 알고리즘을 기반으로 한 Hsieh[5]의 방법과 차량 번호판 인식에 대한 정확도를 비교하였다.

비교 논문의 경우 잡음 제거 등의 영상 개선 작업이 투영 에지 검출 단계에서만 처리된 반면에, 본 논문은 문자 인식에 대한 정확도를 높이고자 영상 전처리 단계, 투영 에지 검출 단계 그리고 숫자 인식 단계에서 잡음제거, 대비개선, 각도보정 등의 영상 개선 작업이 처

리되었다. 이는 본 논문에서 사용되는 문자인식 방법인 체인코드와 Thickness 방법은 처리속도가 빠르지만 잡음에 민감하다는 단점이 있어 이를 해결하고자 하기 위함이다.

따라서 비교 결과 92.1%의 문자 인식 성공률을 나타낸 Hsieh의 방법과 달리, 본 논문에서 제안한 방법은 [표 2]와 같이 핸드폰 영상에서 번호판 검출과 문자 인식을 성공하여 97%의 차량 번호판 검출율과 문자 번호판추출이 잘 이루어진 경우에 95%의 문자 인식 성공률을 도출하였다. 또한 본 논문에서 제안한 방법을 이용


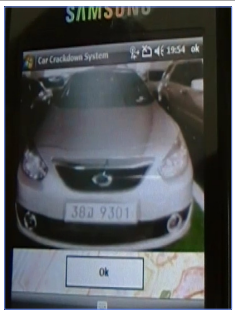
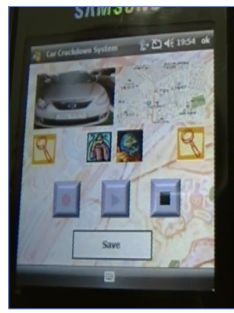
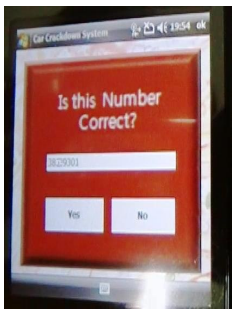
표 2. 제안 방법의 번호판 인식 성공 사례

핸드폰 영상	번호판 검출 결과	문자 인식 결과
		
		
		
		
		

표 3. 실험에 의한 번호 인식 결과 비교

차량 번호판 인식 구분	기존 Hsieh의 제안 방법	본 논문의 제안 방법
차량 인식에 사용한 영상 개수	212개	60개
해상도	320*240	320*240
인식률	92.1%	95%

표 4. 실험에 의한 번호 인식 결과 비교

	
(1) 메인 화면	(2) 촬영 화면
	
(3) 설정 화면	(4) 최종 결과

한 문자 인식 처리 시간에 대한 실험을 수행하였다. 휴대 단말기 영상에서 상기에 제안한 알고리즘을 수행한 실험결과 차량 번호판 인식에 소요된 평균 처리 시간은 0.71초를 기록했다.

이와 같은 처리 결과가 나온 이유는 기존의 신경망 학습을 통한 문자인식과 다르게, 별도의 학습 없이 연산이 가능한 체인코드와 최소한의 기하학적 정보로 구별이 가능한 Thickness 정보를 이용함으로써 정확하고, 짧은 처리시간을 얻은 것으로 사료된다.

위의 [표 4]는 본 논문의 차량 번호판 인식 결과를 보여주는 GUI 결과 화면으로, 해당 핸드폰 영상과 문자 인식 최종 결과에 대한 정보를 나타낸다. [표 4]의 (1) 메인 화면은 사용자가 촬영 화면, 설정 화면 등을 선택하는 화면이다. [표 4]의 (2) 촬영 화면은 핸드폰 영상을 촬영하는 화면으로서 사용자가 확인 버튼을 눌러 저장하도록 한다. [표 4]의 (3) 설정 화면은 촬영된 핸드폰 영상과 사용자의 위치정보(GPS) 그리고 필요한 세부 정보를 녹음한 음성 정보를 얻는 화면이다. [표 4]의 (4) 최종 결과 화면에서는 해당 핸드폰 영상에서 차량 번호판 문자 인식 결과를 보여주고, 사용자가 결과가 맞는지 확인하도록 하는 화면이다.

V. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 휴대단말기 카메라에서 얻은 영상으로 기하학적 정보를 이용한 차량 번호판 인식 방법을 제안하였다. 특히, 문자의 특징 추출을 위하여 체인코드와 Thickness 정보와 같은 기하학적 정보를 이용한 알고리즘을 적용함으로써, 평균 0.71초의 처리 시간과 95%의 문자 인식 성공률의 실험결과를 얻었다. 이로써, 기존의 카메라로 입력된 문자 영상 처리 기술의 처리시간을 개선하는 효율성과 문자 인식 정확성을 검증하였다.

그러나 제안된 방법의 실험 결과 문자인식의 실패인 경우 대부분 초기 번호판 영역 검출 부분에서 문제가 발생하였다. 이는 본 제안 방법의 번호판 영역 검출 작업이 수평에지의 누적계산으로 이루어지기 때문에, 다음 [그림 6]의 왼쪽 영상과 같은 경우 부정확한 번호판

영역이 검출된다. 향후 이러한 문제점을 보완하기 위해 예지정보 뿐만 아니라 위치, 복잡도, 패턴 정보 등의 추가적인 정보를 활용하여 개선시킬 예정이다. 그리고 더 나아가 원거리 영상이나 모션블러가 가미된 영상에서의 번호판 인식 방법도 모색할 예정이다.



그림 6. 에러 번호판 검출 영상(왼쪽)과 정상 번호판 검출 영상(오른쪽)

참고 문헌

- [1] 유성열, “유비쿼터스 기술 기반의 지능형 교통시설물관리서비스를 위한 비즈니스 모델”, 한국컴퓨터정보학회, 제14권, 제12호, pp.41-53, 2009.
- [2] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods and Steven L. Eddins, Digital Image Processing Using Matlab, Prentice Hall, 2004.
- [3] A. Conci, J. E. R. de Carvalho and T. W. Rauber, “A Complete System for Vehicle Plate Localization, Segmentation and Recognition in Real Life Scene,” IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, Vol.7, No.5, 2009.
- [4] Qian Cui, Suihe Ge, Shujian Shi and Lin Wang, “License Plate Location based on Direction and Edge Information,” Second Asia-Pacific Conference on Computational Intelligence and Industrial Applications, 2009.
- [5] Ching-Tang Hsieh, Liang-Chun Chang, Kuo-Ming Hung and Hsieh-Chang Huang, “A Real-time Mobile Vehicle License Plate Detection and Recognition for vehicle monitoring

and management”, Pervasive Computing (JCPC), 2009 Joint Conferences on, pp.197-202, 2009.

[6] 조보호, 정성환, “라돈 변환을 이용한 회전된 물체의 효율적인 보정”, 정보과학회, 컴퓨팅의 실제 및 레터, 제14권, 제3호, pp.291-295, 2008.

[7] I. Siddiqi and N. Vincent, “A Set of Chain Code Based Features for Writer Recognition,” ICDAR '09. 10th International Conference on Document Analysis and Recognition, pp.981-985, 2009.

황보택근(Taeg-Keun Whangbo) 정회원



- 1983년 : 고려대학교 공과대학 졸업(학사)
 - 1987년 : CUNY 전산학과 졸업(석사)
 - 1995년 : Stevens Institute of Technology 전산학과 졸업(박사)
 - 1997년 : 삼성종합기술원 선임연구원
 - 1997년 ~ 현재 : 경원대학교 IT대학 부교수
- <관심분야> : 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터그래픽스, 3D 게임엔진

저 자 소 개

염 희 정(Hee-Jung Yeom) 준회원



- 2009년 2월 : 경원대학교 인터넷 미디어학과(학사)
 - 2009년 ~ 현재 : 경원대학교 일반대학원 전자계산학과(석사과정)
- <관심분야> : 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터그래픽스

은 성 종(Sung-Jong Eun) 정회원



- 2007년 : 한국교육개발원 멀티미디어공학 졸업(학사)
- 2009년 2월 : 경원대학교 일반대학원 전자계산학과(석사)
- 2009년 ~ 현재 : 경원대학교 일반대학원 전자계산학과(박사과정)

<관심분야> : 영상처리, 패턴인식