

2006年 2月

석사학위논문

노이즈 제거 알고리즘을 이용한
효율적인 자동차 번호판 검출에 관한 연구

조선대학교 대학원

컴퓨터공학과

박 아 람

노이즈 제거 알고리즘을 이용한
효율적인 자동차 번호판 검출에 관한 연구

A Study on the Efficient Car License Plate Extraction
using Noise Removing Algorithm

2006年 2月 日

조 선 대 학 교 대 학 원

컴 퓨 터 공 학 과

박 아 람

노이즈 제거 알고리즘을 이용한
효율적인 자동차 번호판 검출에 관한 연구

지도교수 조 범 준

이 논문을 공학석사학위신청 논문으로 제출함.

2005年 10月

조 선 대 학 교 대 학 원

컴 퓨 터 공 학 과

박 아 람

박아람의 석사학위 논문을 인준함.

위 원 장 조선대학교 교수 _____ 印

위 원 조선대학교 교수 _____ 印

위 원 조선대학교 교수 _____ 印

2005年 11月

조 선 대 학 교 대 학 원

목 차

List of Titles

표 목 차	iii
그 립 목 차	iv
ABSTRACT	vi
제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구 배경 및 목적	1
제 2 절 연구 내용 및 범위	2
제 2 장 관련 연구	4
제 1 절 명암도 값의 변화를 이용한 번호판 검출	4
제 2 절 허프 변환을 이용한 번호판 검출	4
제 3 절 신경회로망을 이용한 번호판 검출	6
제 4 절 Run-length를 이용한 번호판 검출	8
제 5 절 색상 정보를 이용한 번호판 검출	9
1. RGB 칼라 정보를 이용한 추출	9
2. HIS 칼라 정보를 이용한 추출	10
제 6 절 퍼지원리에 의한 번호판 검출	12
제 3 장 효율적인 자동차 번호판 영역 검출 기법	14
제 1 절 도입 배경	14
제 2 절 제안된 알고리즘의 이론적 고찰	15
1. 영상 향상	15
2. 수직에지 추출	19

3. 배경곡선과 노이즈 제거	22
4. 자동차 번호판 탐색 및 분할	27
제 4 장 실험 결과	30
제 1 절 실험환경 및 시스템 구조	30
제 2 절 자동차 번호판 영역의 지역적 영상 향상 방법	33
제 3 절 수직에지 추출 및 노이즈 제거	34
제 4 절 자동차 번호판 탐색 및 검출	37
제 5 장 결론	38
참 고 문 헌	39

표 목 차

List of Tables

표 4-1. 실험 영상 데이터의 통계적 특성	30
표 4-2. 명암도와 표준편차 비교	33
표 4-3. 실험 영상의 임계치	35

그림 목 차

List of Figures

그림 1-1. 자동차 번호판 영역 검출 시스템	2
그림 2-1. HIS color model	11
그림 3-1. 수직에지 영상	14
그림 3-2. 양선형 보간에 의한 사각형 블록 ABCD에서 $\sigma_{w_{i,j}}$ 값 계산	16
그림 3-3. 향상 계수 $\mathcal{A}(\sigma_{w_{i,j}})$	17
그림 3-4. 대응화소와 Sobel 연산자	20
그림 3-5. Sobel mask convolution 방식	21
그림 3-6. Sobel 수직·수평 에지 영상	21
그림 3-7. 수직에지 영상과 E 영상	22
그림 3-8. 픽셀 $P_{i,j}$ 의 이웃 픽셀들	23
그림 3-9. 노이즈 제거 알고리즘	25
그림 3-10. 배경곡선과 노이즈가 제거한 영상	26
그림 3-11. 256×256 영상과 32×32 영상 B	27
그림 3-12. B' 영상	28
그림 3-13. 자동차 원 영상으로부터 번호판 검출	29
그림 4-1. 자동차 번호판 원 영상	31
그림 4-2. 자동차 번호판 영역과 히스토그램	32

그림 4-3. Sobel 연산자를 사용한 수직 에지 추출 34
그림 4-4. 배경곡선과 노이즈를 제거한 자동차 영상 36
그림 4-5. 32×32 회선 출력 영상 B'과 자동차 원 영상에서 검출한 번호판 ... 37

ABSTRACT

A Study on the Efficient Car License Plate Extraction using Noise Removing Algorithm

Park, Ah-Ram

Advisor : Prof. Cho, Beom-Joon, Ph. D.

Department of Computer Engineering

Graduate School of Chosun University

The extraction of License plate is an important stage in vehicle license plate recognition for Vehicle Plate Recognition System(VPRS). This paper presents a real time and robust method of the extraction of licence plate.

The license plate of the car consists of several characters, so the plate area contains lots of edge information. But the background of the car image holds much edge information too. This paper notice two facts. One is that the background areas around the license plate mainly include some horizontal edges. The other is that the edges in the background are mainly long curves and noises, whereas the edges in the plate area cluster together and produce intense texture feature. If only the vertical edges are extracted from the car image and most of the background edges are removed, the plate area will be left out distinctly in the whole edge image. Thus this paper propose to extract the license plate in its vertical edge image as in the following four stages, image enhancement, vertical edge extraction,

background curve and noise removing, and finally car plate search and segmentation. The car images captured in gloomy days or dim nights make it difficult to extract car plate. Therefore it is important to enhance the car images firstly. Then this paper extract out the vertical edges of the car image using Sobel operator and remove most of the background and noise edges by the proposed algorithm, and finally search the license plate region in the residual edge image and segment the plate out from the original car image.

The proposed method is applied to many experimental images with 256 gray levels and the results are compared with those of other methods. The results show that the proposed method is better than others.

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 배경 및 목적

지속적으로 증가하는 차량의 수와 더불어 차량으로 인한 교통문제·사회문제가 심각하게 대두되고 있으며, 이러한 문제 해결을 위한 많은 노력과 연구들이 계속되고 있다. 주차장 진입통제, 고속도로에서의 차량 흐름 관리, 과적 차량 단속, 도난과 수배 차량의 추적 및 인식, 각종 교통 통계 조사 등과 같이 실시간으로 차량을 인식할 수 있는 차량 인식 자동화 시스템은 그러한 노력의 하나로 중요한 관심의 대상이 되고 있다. 이러한 현실적 요구에 부응하여 자동차 번호판 영상을 인식하는 기술 또한 많은 발전을 이루어 왔다[1][2].

자동차 번호판 자동인식에 관한 연구는 입력영상에서 자동차 번호판 추출, 번호판의 특징구분 그리고 각 특징에 대한 문자 인식으로 구분된다[3][4]. 여기서 정확한 인식을 위해 선결되어야 할 핵심 기술은 자동차 번호판 영역의 정확한 추출이다. 차량 인식의 전처리 과정인 자동차 번호판 영역 검출은 인식 성능에 큰 영향을 주기 때문이다[5].

획득된 자동차 원 영상에서 번호판 영역을 추출하고자 할 때 고려해야 할 사항으로 i) 번호판의 위치, 크기, 기울어짐에 관계없이 추출 ii) 빛의 변화에 민감하지 않은 안정적인 번호판 추출 iii) 넓은 번호판이나 잡음에 무관한 추출 iv) 실시간 처리 가능 등을 들 수 있다. 이러한 사항을 만족하는 자동차 번호판 영역을 검출하기 위해 본 논문은 번호판 영역을 찾는 실시간적이며 효율적인 방법을 제시하고자 한다. 번호판 영상의 대비도 향상을 위한 국부 영상 개선 방법과 번호판 영역에 에지(edge)와 질감(texture) 정보가 많다는 특성을 이용하기 위해 수직 에지를 추출하고, 자동차 번호판의 에지를 제외한 배경 에지와 노이즈를 제거하기 위한 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘을 이용하여 자동차 영상에서 번호판 영역을 자동 검출하고 그 성능에 대해서 평가하고자 한다.

제 2 절 연구 내용 및 범위

자동차 영상의 에지 특징들은 매우 중요하다. 에지 밀도는 자동차 번호판의 특징 때문에 숫자 번호판 위치를 검출하는데 성공적으로 사용될 수 있다. 사각형의 번호판은 수많은 에지와 질감 정보를 포함한다. 따라서 본 논문은 에지 영상에서 번호판을 고려하지만 Ming et. al.[3]이 제시한 전체 영상을 단순화시키기 위해 에지 밀도가 가장 높은 부분과 가장 낮은 부분을 제거함에 의해 에지 영상을 향상시키는 방법 대신 새로운 방법을 제시한다. 먼저 번호판 영역을 강조하기 위해 자동차 원 영상을 향상시킨다. 그리고 소벨 연산자를 사용하여 수직 에지 영상을 추출하고, 추출된 에지 영상에서 배경곡선과 노이즈를 제거한 후, 사각형 윈도우를 움직여 잔여 영상에서 번호판을 찾으며, 원래의 자동차 원 영상으로부터 번호판 영역을 찾아낸 것으로 그림 1-1과 같다.

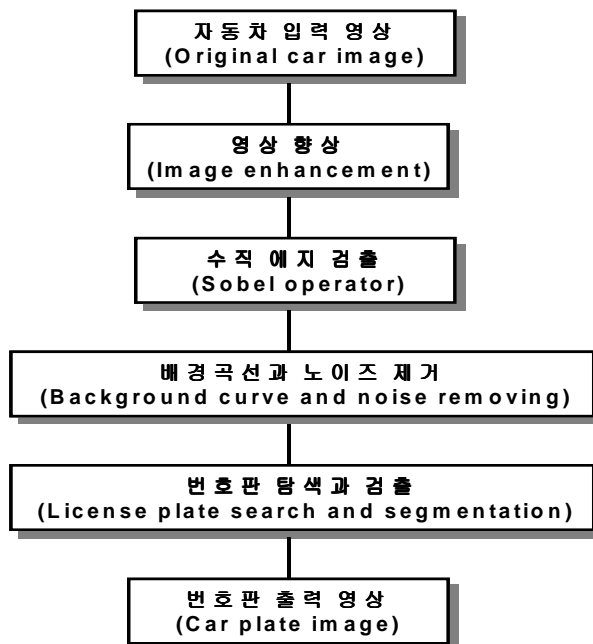


그림 1-1. 자동차 번호판 영역 검출 시스템

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장 서론에 이어 2장에서는 기존에 연구되었던 자동차 번호판 영역 추출 및 인식에 대한 관련 연구를 하며 3장에서는 자동차 번호판 영역을 찾는 제안된 방법을 설명하고, 다양한 영상을 가지고 실험한 결과는 4장에서 제시하며 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

제 2 장 관련 연구

차량 번호판 영역 검출은 입력 영상으로부터 번호판 영역을 분리하여 번호판 문자인식에 적용하기 위한 필수적인 전처리 단계이다. 자동차 번호판 영역을 정확하게 검출하기 위한 연구들은 다양한 방법으로 이뤄져왔다.

제 1 절 명암도 값의 변화를 이용한 번호판 검출

차량 번호판 영역의 명암도 변화를 이용한 방법은 문자와 배경 사이의 명암도 변화가 크고 명암 변화 빈도수가 많다는 특성을 이용하여 번호판의 위치를 찾아내는 방법이다. 즉, 번호판의 숫자나 문자 부위에서 명암도 값이 양에서 음으로 또는 음에서 양으로 연속적인 명암 변화 벡터를 가지는 것을 이용하여 명암 변화가 대칭적으로 일어나는 속에 번호판 영역이 있음을 추정하고, 추정된 위치를 중심으로 대상 영역을 확장하여 실제 번호판의 위치를 찾아내는 방법이다[2]. 이 방법은 특별한 전처리 과정을 필요로 하지 않고, 입력 영상에서 전체 영역이 아닌 일정 간격의 수평 라인의 명암값 변화만을 검사하므로 처리 시간을 대폭 줄일 수 있다. 따라서 구현이 간단하고 번호판의 테두리가 선명하지 않거나 잡음이 다소 첨가된 경우에도 추출이 가능하다는 장점이 있으나 차량 전조등이나 본넷, 라지에타 그릴 부분의 명암 변화도도 크기 때문에 번호판 영역으로 오인식되기 쉬운 단점이 있으며, 번호판의 기울어짐이나 배경이 큰 경우 인식에 어려움이 존재한다.

제 2 절 허프 변환을 이용한 번호판 검출

허프 변환은 레스터 영상 자료로부터 직선이나 곡선 등을 추출하기 위한 방법으로 널리 사용되어 왔다[11]. 직선 검출을 위한 허프 변환의 경우 영상 내부

에 위치한 점들 중 하나인 (x, y) 를

$$y = mx + b \quad (2-1)$$

식 (2-1)과 같이 일반좌표계의 식으로 표현할 수 있으며, 여기서 m 은 직선의 기울기, b 는 y 축의 절편을 나타낸다. 식(1)의 경우 m, b 의 값이 가지는 범위가 $(-\infty, \infty)$ 이므로 수리적인 처리에 어려운 점이 있다. 그러므로 허프 변환에서는 이 직선식을 다음과 같은 변환식을 적용하여 ρ 와 θ 값으로 대체한다.

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (2-2)$$

식 (2-2)에서 ρ 는 원점에서부터 직선까지 그은 수직선의 길이를 의미하고, θ 는 x 축과 수직선과의 각을 나타낸다. 또한 $\rho \geq 0, -\pi/2 \leq \theta \leq \pi/2$ 의 유한 범위를 가지므로 이산적으로 탐색 공간을 설정할 수 있다는 장점을 가진다.

영상 내부의 점 (x, y) 는 ρ 와 θ 로 표현되는 공간상에서 다수의 점으로 정합되는데 그 점들은 일반적으로 사인파 곡선을 띄며, XY 좌표계 상에서 직선을 이루고 있는 점들의 경우 (ρ, θ) 공간의 동일한 점으로 정합된다. 미리 설정한 임계치 이상으로 동일한 (ρ, θ) 에서의 정합이 많이 이루어지면 직선으로 간주한다.

이와같이 허프 변환은 자동차 번호판을 검출하는데 많이 사용되는 번호판의 특성 중 하나가 선이라는 점에 착안한 방법이다. 수직선이 번호판 테두리 외에는 거의 없다는 가정 하에 소벨(Sobel) 연산자를 이용하여 차량 영상에서 에지를 검출한 후 허프 변환을 이용하여 선을 검출한다. 먼저 전체 영상에 대해 경

계선 추출을 위한 연산을 수행하고 결과 영상에 대해 이진화 과정을 거친 후, 번호판의 수평 및 수직 성분을 추출하기 위한 허프 변환을 수행한다. 이 방법은 영상의 윤곽이나 곡선 또는 선이 매개 변수로 표현될 수 있는 경우에 그것을 추출하는데 효과적인 방법이다. 그러나 번호판의 테두리가 선명하지 못하거나 수직·수평 에지가 많이 검출되는 차량에 대해서는 번호판 영역 추출이 어렵고 계산량이 많아 메모리의 소모가 크고 소요시간이 너무 길어서 적용하기 어려운 단점이 있다. 그러므로 이를 보완하기 위해 다양한 방법으로 후보 영역을 선택한 후에 후보 영역에만 허프 변환을 적용하는 제한된 방법을 사용한다. 여기서 후보 영역을 선택하는 방법 중의 하나는 영역을 분할하여 분할된 영역의 특성을 이용하는 방법이다. 입력 영상을 일정 크기의 윈도우로 분할하여 분할된 영역의 균일성을 검사하게 되는데, 이 때 사용된 측정치들은 i) 각 영역 내 가장 큰 명암도 값과 가장 작은 명암도 값의 차 ii) 각 영역의 평균 명암도 값 iii) 각 영역의 분산 또는 표준편차 등이다. 번호판 영상은 명암도의 변화가 심하여 균일하지 못하므로 제거 마스크를 이용해 고립된 불균일한 영역들을 제거하고, 나머지 영역들을 병합하여 번호판 후보 영역을 결정한다. 이렇게 결정된 후보 영역을 이진화 한 다음 허프 변환을 이용하여 선을 검출하고 후처리를 통하여 번호판을 추출한다. 이 방법 또한 전체 영상을 처리하는 소요 시간과 처리 과정에서 원영상의 정보 손실 등의 문제가 있다.

제 3 절 신경회로망을 이용한 번호판 검출

신경회로망은 인간의 두뇌에 가까운 능력을 가진 정보 시스템의 구현을 위해 인간의 두뇌를 모방한 시스템으로 인간의 두뇌가 뉴런(neuron)이라는 기본 단위들의 집합으로 이루어져 이 뉴런들이 상호 병렬적으로 연결되어 이루어지는 정보처리 방식에 착안하여 만들어졌다. 즉 생물학적인 인간의 정보처리 방식을 기계적이고 수학적인 모델로 접근한 것이다. 1943년 McCulloch와 Pitts에 의해

최초의 신경회로망 모델이 제시된 후 1953년 Perceptron이 개발되어 많은 가능성을 보여 주었으나 Perceptron의 구조적인 문제점인 비선형 분리에 대한 무제로 인하여 위기에 봉착하였다. 그러나 1980년 들어서면서부터 많은 학자들에 의해 새로운 뉴런 모델 및 학습방법 등이 제시되고 많은 응용분야에서 적용되고 있다. 최근에는 일련의 인식분야, 제어분야 설계분야, 의료분야 등 공학뿐만아닌 전 분야에서 활발히 그 영역을 넓히고 있다. 이러한 신경회로망 장점으로는 우선 신경회로망은 학습을 할 수 있다는 것이다. 즉 외부 환경에 맞게 자기 자신을 변화시켜서 자기 조직화할 수 있다. 각각의 처리요소들이 각기 동작을 하면서 입력 정보 특성에 따라 다른 처리요소와의 연결을 새롭게 하거나 또는 기존의 연결을 제거하면서 학습되어질 수 있는 것이다. 두 번째 장점으로서는 신경회로망은 고도의 병렬 분산 처리가 가능하다는 것이다. 신경회로망은 다수의 처리요소가 동시에 작동하는 병렬처리 시스템이다. 처리요소는 극히 간단한 동작을 하는 인공의 뉴런으로써 이 처리요소들이 비동기적 또는 동기적으로 병렬 처리 되어진다. 그래서 폰 노이만형 컴퓨터가 가지지 못한 장점들 즉 인간만이 할 수 있는 능력에 가깝게 다가가는 일이 가능한 구조이다. 세 번째 장점으로서는 신경망은 고장을 스스로 진단하고 수정할 수 있다. 신경회로망은 소수의 처리요소가 고장을 일으켜 작동을 하지 못할 경우 이 처리요소의 전체 시스템에 대한 영향력을 감소시키고 다른 처리요소들의 영향력을 증가시켜 보완해 줄 수 있다.

이러한 신경회로망의 장점으로 인하여 신경회로망은 번호판의 특징을 감지하는 필터로 사용될 수 있다. 학습을 통해 특징을 분류하는 학습 알고리즘으로 인하여 잡음에 강하고, 새로운 패턴에 대한 정보를 기존의 정보에 추가할 수 있다. 신경회로망 필터는 입력 영상의 특정 윈도우의 색과 질감 특성을 분석하여 윈도우 중앙 픽셀을 번호판 또는 배경 두 카테고리로 분류한다. 이렇게 필터를 통과한 영상에서 후처리 과정을 통해 최종적으로 번호판을 추출해 낸다. 영상의 색이나 질감을 분석하기 위해 신경회로망을 사용할 경우 복잡한 필터

파라미터 계산 대신 신경회로망 학습 알고리즘을 사용할 수 있고, 잡음에 강한 결과 영상을 기대할 수 있다.

번호판 검출의 대표적인 신경회로망으로는 BP(Back Propagation)와 ART1이 있다[12][13][14]. BP는 다층 신경회로망으로 영상 인식 등에 널리 사용되지만 학습 속도가 느려지거나 지역 최소화에 빠질 우려가 있다. 은닉층의 노드 수 설정에 있어 경험적인 방법에 의존하여 노드 수가 많으면 학습 시간이 길어지고 노드 수가 적으면 지역 최소화에 빠지게 되므로 인식률을 저하를 가져오게 된다. ART1 알고리즘은 뉴런들 간의 경쟁 학습에 의하여 자율적으로 패턴들을 분류하며 임의의 입력 패턴에 대해 이미 학습된 패턴을 기억하고 새로운 패턴을 학습하는 안정성과 적응성을 갖는다. 그러나 ART1 알고리즘은 구조가 복잡하고 패턴 수가 증가함에 따라 많은 양의 기억 장소가 요구된다. 그리고 ART1 알고리즘에서 경계 변수는 패턴들을 클러스터링 하는 과정에서 반지름 값으로 사용되며 임의의 패턴과 저장된 패턴과의 불일치 허용도를 결정하는데 차량 번호판의 숫자와 문자 인식에 적용하기 위해서는 경계 변수 값을 경험적으로 설정해야 하는 문제점이 있다. 그러나 신경회로망을 이용한 번호판 검출 방법은 신경회로망 사용으로 인한 학습 시간 추가와 번호판 문자 인식 과정을 포함한다면 시간소요가 크다는 단점을 가지게 된다.

제 4 절 *Run-length*를 이용한 번호판 검출

Run-length를 이용한 방법은 투영에 의해 추출되기 어려운 기울어진 번호판의 추출을 위하여 제안되었다. 그러나 투영에 의한 방법은 차량 영상에서 에지를 구한 후 X축과 Y축 투영을 통해 번호판의 가로, 세로 테두리를 찾는다. 이 방법은 구현하기 간단하고 빠른 시간 내에 번호판 영역을 찾을 수 있지만 번호판 테두리가 선명하지 못하거나 번호판이 기울어진 경우 추출이 어렵다.

4-이웃 방향의 기울기를 이용하여 이진 영상을 얻은 다음 임의의 각도인 θ

로 투영하고 이때 투영되는 직선은 Run-length 방법을 적용하여 번호판 후보 영역을 찾는다. 이 방법은 자동차의 전면부에서 직선 성분이 번호판 영역에 많다는 점을 이용하여 수직을 이루는 두 직선의 비가 2:1인 위치를 검출하여 이를 번호판 영역으로 인식한다. 또한 번호판이 차지하는 비율을 일정하게 유지하여야 번호판 영역을 추출할 수 있지만 번호판이 기울어지거나 잡음 요소가 있을 경우 경계선 추출이 어렵다[4].

제 5 절 색상 정보를 이용한 번호판 검출

번호판 영역을 추출하는 방법으로 RGB 색상 정보를 이용한 방법과 HSI 색상 정보를 이용한 방법이 있다. RGB 색상 정보를 이용한 방법은 차량의 번호판 영역이 녹색이라는 특징을 이용하여 추출하는 방법이며, HSI 색상 정보를 이용한 추출은 차량의 색상과 번호판의 색상이 다르다는 점에 착안하여 번호판을 추출하는 방법이다.

1. RGB 칼라 정보를 이용한 추출

번호판 영역을 추출하기 위해 이용한 RGB 칼라 정보의 특징은 다음과 같다 [9].

- ① 번호판 영역은 녹색이 밀집되어 있다.
- ② 번호판 영역은 녹색 배경에 백색 문자로 되어 있다.
- ③ 번호판 영역은 차량의 아래에 위치한다.

자가용 차량의 번호판 영역은 녹색 밀집도가 높고 녹색인 배경 부분과 흰색인 문자 부분으로만 구성되어 있다. 그러므로 RGB 칼라 정보를 이용한 방법은 일정한 임계값을 기준으로 번호판 영역의 녹색성분이 다른 두 성분보다 큰 픽셀들을 표시하여 번호판 영역을 확정하는 방법이다. 녹색의 밀도가 낮은 경우는 차량의 색이 녹색이 아닌 경우와 번호판 영역의 녹색이 아주 어둡거나 밝은

경우이다. 이러한 경우에는 녹색에 대한 임계값에 변화를 주어 구할 수 있다[8][15].
 유클리디안 법칙을 사용하여 순수한 녹색 값과의 거리를 계산한다.

$$\text{녹색값과의 거리} = \sqrt{R^2 + G^2 + B^2} \quad (2-3)$$

식 (2-3)에 의해 계산된 녹색과의 거리에 대한 임계값을 기준으로 각 픽셀에 이웃하는 픽셀과의 거리값을 구하여 히스토그램 분포를 계산한다. 히스토그램에서 분포가 밀집된 부분이 번호판 영역이 된다. 히스토그램을 통해 후보 영역이 여러 개 나올 경우 번호판 영역이 차량의 아래에 위치한다는 특징을 이용하여 번호판 영역을 추출한다.

2. HSI 칼라 정보를 이용한 추출

HSI 색상 정보를 이용한 추출은 순수한 색을 나타내는 색상(Hue), 흰색이 가미된 정도를 나타내는 채도(Saturation) 그리고 빛의 밝기 정도를 나타내는 명도(Intensity)를 이용하여 차량 번호판 영역을 추출한다. 그림 2-1의 HSI 컬러 모형에서와 같이 색상은 0° 에서 360° 의 범위를 가진 각도로 표현되며, 0° 와 360° 에서는 빨강색을 나타내고, 120° 에서는 녹색을 , 그리고 240° 에서는 파랑색을 나타낸다. 채도는 0에서 1까지의 범위를 가지는 반지름에 해당한다. 명도는 0일때 검정색을 나타내며 1일때 흰색을 나타낸다.

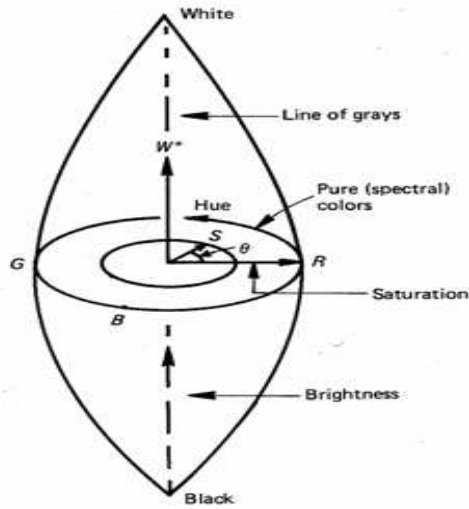


그림 2-1. HSI color model

$$\text{명도} : I = \frac{1}{3}(R+G+B) \quad (2-4)$$

$$\text{채도} : S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R,G,B)] \quad (2-5)$$

$$\text{색상} : H = \cos^{-1} \left| \frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right| \quad (2-6)$$

그레이 레벨 영상을 사용할 경우에는 주위의 밝기 변화에 대하여 상당히 의존적이며, RGB 컬러 사용의 경우 RGB 각 성분이 명암도와 밀접한 관련을 가지고 있으므로, 주위 밝기 변화에 대해서 같은 컬러라도 RGB 값이 모두 변화하게 되는 문제점이 있다[7]. 녹색 차량의 녹색 번호판이나 노란 차량의 노란 번호판의 경우에 RGB 값으로 구분이 어려움으로 HSI 값의 밝기값과 색상 차이를 이용하여 번호판 영역을 검출이 이뤄지게 된다[10]. 그러나 녹색 색상을 완전히 잃어버린 차량의 경우와 어두운 영상, 밤에 촬영된 영상의 경우 번호판 영역 추출이 어렵고 명암 정보만 사용하는 경우보다 처리시간이 길어질 수 있다.

제 6 절 퍼지원리에 의한 번호판 검출

퍼지원리에 의한 번호판 추출 방법은 번호판 배경색상 추출을 위한 임계값 설정 문제를 최소화하고, 조명변화가 있고 번호판과 유사한 색상이 존재하는 차량영상에서도 효율적으로 번호판을 탐색할 수 있는 퍼지이론에 기반한 번호판 추출[12]을 제안하였다. 입력칼라영상의 RGB 성분들은 상관관계가 높고, 색상 정보와 명암정보를 구분하기 어렵다. 따라서 색상정보와 명암정보를 효율적으로 분리하고, 색상정보에 기반한 칼라 퍼지지도와 명암정보에 기반한 영역분리 퍼지지도를 생성하기 위해 입력영상의 RGB 성분들을 식 (2-7)을 이용하여 HIS 성분들로 변환한다.

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{r+g+b}{3} \\
 S &= 1 - \frac{3}{(r+g+b)} [\min(r, g, b)] \\
 H &= \cos^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2}[(r-g)+(r-b)]}{[(r-g)^2 + [(r-b)(g-b)]^{\frac{1}{2}}]} \right]
 \end{aligned} \tag{2-7}$$

위 식에서 H는 색상(hue), S는 색채(saturation), I는 명암(intensity)을 의미한다. r, g, b는 각각 $\frac{R}{255}$, $\frac{G}{255}$, $\frac{B}{255}$ 이다. 퍼지원리를 이용하여 관식영역에 대해 높은 확률을 할당함으로써 관심영역을 추출할 수 있다[13][14]. 색상을 이용하여 번호판 영역을 추출하기 위해 식 (2-8)을 이용한다.

$$\mu_{\mathcal{A}}(x, y) = \exp(-d\mathcal{A}(x, y) - h_d), \mathcal{A}(x, y) \geq T_s \tag{2-8}$$

for $1 \leq x \leq H, 1 \leq y \leq W$

위 식에서 a 는 양의 상수이고, μ_c 는 관심 색상, 그리고 h 는 입력 생상을 의미한다. μ_c 는 퍼지집합(fuzzy set)을 의미하고, H 와 W 는 각각 영사의 높이와 너비다. 국내의 차량 번호판의 배경색상은 크게 녹색과 황색으로 나뉜다. 따라서 두 가지의 색상에 대해 식 (2-8)을 이용하여 녹색에 대한 퍼지집합 μ_G 와 황색에 대한 퍼지집합 μ_Y 를 생성하고 식 (2-9)를 이용하여 칼라 퍼지지도(fuzzy map)를 생성하여 번호판의 후보영역을 선정한다.

$$\mu_H = \max(\mu_G(x, y), \mu_Y(x, y)) \quad (2-9)$$

제 3 장 효율적인 자동차 번호판 영역 검출 기법

제 1 절 도입배경

자동차 번호판은 한글과 숫자 등과 같은 특징들로 구성되어 있어서 많은 에지 정보를 포함한다. 자동차 영상의 배경 또한 에지 정보를 포함하고 있다. 자동차 번호판 영역을 검출에 있어 본 논문은 다음과 같은 두 가지 사실에 주목한다. 한 가지는 번호판 주변의 배경 영역은 주로 수평적인 에지들을 포함한다는 것이다. 그리고 다른 한 가지는 배경에서 에지들은 주로 긴 곡선들과 랜덤 노이즈들이지만 번호판 영역에서 에지들은 서로 모여 있으며(cluster), 강한 질감(texture) 특징을 만들어 낸다는 것이다. 만일 수직 에지들만이 자동차 영상으로부터 추출되고, 배경 에지의 대부분이 제거된다면, 번호판 영역은 전체 에지영상에서 고립되어 검출될 것이다[16]. 본 논문은 다음 4단계와 같이 수직에지 영상에서 자동차 번호판의 위치를 찾는 것을 제안한다.

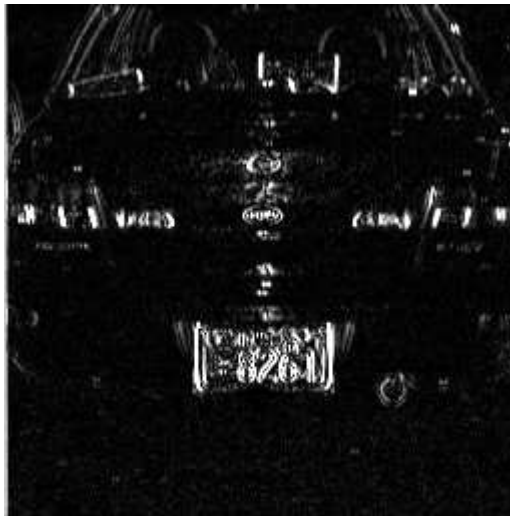


그림 3-1. 수직에지 영상

제 2 절 제안된 알고리즘의 이론적 고찰

1. 영상 향상

영상들이 복사되고 스캔되며 전송되는 것과 같이 한 영상에서 다른 영상으로 전환될 때, 출력 영상의 질은 물리적 장치에 의한 비선형 변환으로 입력 영상의 질보다 저하될 수 있다. 영상 향상의 중요한 목적은 원 영상을 처리하여 그 결과로 개선된 영상을 얻는 것이다. 영상이 인간의 시각적인 관점에서 처리될 때, 픽셀들을 클래스로 나누어 연산을 하거나 공간 연산으로 대비를 증가시키고 관심있는 영역을 평활화하며 경계를 선명하게 하거나 구조를 정밀화하여 영상을 향상시킬 수 있다[17].

영상 향상 기법은 크게 공간 영역(spatial domain) 방법과 주파수 영역(frequency domain) 방법으로 나눌 수 있다. 공간 영역 방법은 영상의 평면 그 자체를 의미하고 영상에서 픽셀 단위 처리를 기초로 하며, 주파수 영역 방법은 영상의 푸리에 변환을 수행하여 처리하는 것이다. 개선된 영상 향상 기법으로 포인트 처리(point processing) 방법과 마스크 처리(mask processing) 방법이 있다. 널리 사용되는 영상 향상 방법은 명암도를 변형시키는 방법, 히스토그램 연산을 사용하여 영상의 동적 범위(dynamic range)를 넓혀 주는 방법 그리고 임계화(thresholding) 기법으로 배경과 물체를 구분하는 적절한 임계점을 선택하는 방법 등이다. 그러나 이러한 방법들은 국부적(local) 영상 향상이 아닌 영상 전체를 향상시키기 위한 기법들로 본 논문이 제안하고자 하는 자동차 번호판 영역 부분을 향상시키기 위한 알고리즘으로는 적당하지 않다. 따라서 본 논문에서는 입력 영상의 전체적인 영상 향상을 목적으로 하지 않으며 자동차 번호판 영역의 영상 향상을 목적으로 하는 알고리즘을 제안한다.

자동차 번호판 영역에서의 명암도 변화는 자동차의 윤곽선 영역에서의 명암도 변화보다 적다. 그것은 눈부신 햇빛에서 차 그림자에 의해 발생되기도 하며, 잔뜩 흐린 날이나 어두운 밤에 찍은 자동차 영상들에서 나타나기도 한다. 만일 이러한 자동차 영상으로부터 직접 예지 영상을 추출한다면, 적은 수직에지만이 번호판 영역에 나타날 것이다. 따라서 먼저 전처리로서 자동차 번호판 영역의 영상을 향상시키는 것이 필요하다 [15].

여기서 $I_{i,j}$ 를 사용하여 자동차 영상에서 픽셀 $P_{i,j}$ (행: $0 \leq i < 256$, 열: $0 \leq j < 256$)의 명암도를 표기한다. 그리고 $I_{i,j}$ 가 방정식(1)을 만족하도록 하며, 여기서 $W_{i,j}$ 는 픽셀 $P_{i,j}$ 를 중심으로 하는 윈도우이다 $\overline{I_{W_{i,j}}}$ 와 $\sigma_{W_{i,j}}$ 는 윈도우 $W_{i,j}$ 에서 픽셀의 평균 명암도와 표준편차이다. I_0 와 σ_0 는 각각 기대 평균과 표준편차이다.

$$I'_{i,j} = \frac{\sigma_0}{\sigma_{W_{i,j}}} (I_{i,j} - \overline{I_{W_{i,j}}}) + I_0 \quad (3-1)$$

국부 정보를 더 잘 표현하기 위해서 윈도우의 크기는 추정된 번호판의 크기보다 더 작아야만 한다. 본 논문에서 윈도우 $W_{i,j}$ 로서 32×32 사각형을 선택한다 그러면 8×8 윈도우가 전체 256×256 자동차 영상을 커버할 수 있게 된다. I_0 가 $\overline{I_{W_{i,j}}}$ 와 같게 하고 σ_0 는 픽셀 $P_{i,j}$ 에 상수 독립이 되게 한다. 이제 각 픽셀에서 $I_{W_{i,j}}$ 와 $\sigma_{W_{i,j}}$ 의 값을 알 필요가 있다. 모든 값을 계산하지 않고 양선형 보간 알고리즘을 사용하여 얻는다. 먼저 자동차 영상을 8×8 블록들로 균등하게 자르고, 블록들의 정점에서 $\overline{I_{W_{i,j}}}$ 와 $\sigma_{W_{i,j}}$ 값들을 계산한다. 여기서 $i = 32m$ $j = 32n$ $m, n = 0, 1, 2, \dots, 8$; 이다.

마지막으로 양선형 보간 방정식 (3-2)와 (3-3) 그림 3-2에 의해 모든 $\overline{I_{W_{i,j}}}$ 와 $\sigma_{W_{i,j}}$ 를 계산한다. 여기서 $32m \leq i < 32(m+1)$, $32n \leq j < 32(n+1)$, $c_x = (j - 32n) / 32$ 이고 $c_y = (i - 32m) / 32$ 이다.

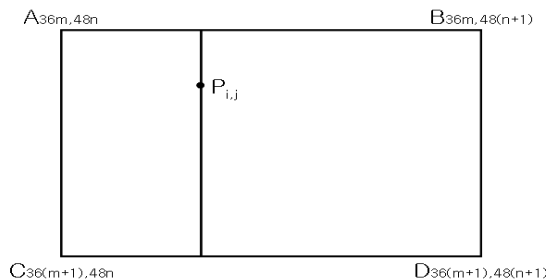


그림 3-2. 양선형 보간에 의한 사각형 블록 ABCD에서 $\sigma_{W_{i,j}}$ 값 계산

$$\bar{I}_{w_{i,j}} = (1 - c_y)[(1 - c_x)\bar{I}_{w_A} + c_x\bar{I}_{w_B}] + c_y[(1 - c_x)\bar{I}_{w_C} + c_x\bar{I}_{w_D}], \quad (3-2)$$

$$\sigma_{w_{i,j}} = (1 - c_y)[(1 - c_x)\sigma_{w_A} + c_x\sigma_{w_B}] + c_y[(1 - c_x)\sigma_{w_C} + c_x\sigma_{w_D}] \quad (3-3)$$

만일 $\sigma_{w_{i,j}}$ 가 0에 가깝다면 식 (3-1)은 큰 값을 주게 될 것이다. 그러나 그러한 국부 영역을 향상시켜서는 안된다. 만일 $\sigma_{w_{i,j}}$ 가 60보다 크다면 향상은 역시 불필요하다. 그러므로 향상 식 (3-1)은 사실상 식 (3-4)으로 개선된다.

$$I'_{i,j} = f(\sigma_{w_{i,j}}) \cdot (I_{i,j} - \bar{I}_{w_{i,j}}) + \bar{I}_{w_{i,j}}, \quad (3-4)$$

여기서 $f(\sigma_{w_{i,j}})$ 는 식 (3-5)에 의해 정의된 향상계수이다. 향상될 필요가 있는 번호판 영역의 대부분의 $\sigma_{w_{i,j}}$ 들은 약 20이다. 그러므로 $\sigma_{w_{i,j}}=0$ 이거나 $\sigma_{w_{i,j}} \geq 60$ 일 때 함수 f 가 1이 되게 하거나 $\sigma_{w_{i,j}}=20$ 일 때 3 ($20 \times 3 = 60$)과 같도록 한다.

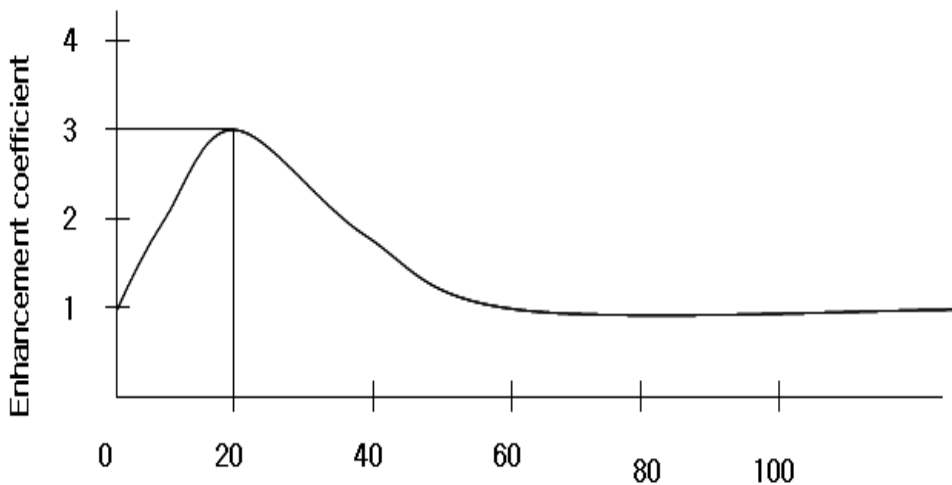


그림 3-3. 향상 계수 $f(\sigma_{w_{i,j}})$

$$f(\sigma_{w_{i,j}}) = \begin{cases} \frac{3}{2/400(\sigma_{w_{i,j}} - 20)^2 + 1} & \text{if } 0 \leq \sigma_{w_{i,j}} < 20 \\ \frac{3}{2/1600(\sigma_{w_{i,j}} - 20)^2 + 1} & \text{if } 20 \leq \sigma_{w_{i,j}} < 60 \\ 1 & \text{if } \sigma_{w_{i,j}} \geq 60 \end{cases} \quad (3-5)$$

번호판의 명암도가 좋고 영상이 균형 잡혔다면, 번호판의 명암도 대비를 바꾸지 않는다. 만일 $\sigma_{w_{i,j}} \geq 60$ 라면 $f(\sigma_{w_{i,j}}) = 1$ 이다.

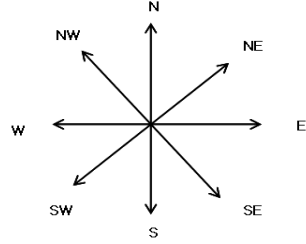
2. 수직에지 추출

입력 영상은 명암도, 텍스처, 에지와 같은 많은 2차원 정보를 포함하고 있다. 이 중에서 에지는 각 화소의 밝기나 색의 급격한 변화를 나타내는 특징을 갖고 있어서 각 물체의 테두리나 경계를 나타내는 중요한 정보로 활용된다. 에지 정보를 이용하여 물체의 크기, 형태를 파악하는데 이용되고 있으며 영상 분할, 영상 코딩 등 여러 분야에서 기본적인 툴로써 사용된다[6].

자동차 번호판 영역은 배경 부분과 문자와 숫자로 구성된 부분의 명암도 변화가 크고 명암 빈도수가 많아 에지 정보가 풍부하다. 이러한 특징을 이용하여 번호판 영역을 검출하는데 Sobel 연산자를 사용하여 에지를 검출한다. Sobel 연산자는 3×3 마스크를 사용하는 미분가능 연산자로써 8 방향의 에지를 추출할 수 있다[10].

$(x-1)(y-1)$	$(x-1, y)$	$(x-1, y+1)$
$(x, y-1)$	(x, y)	$(x, y+1)$
$(x+1, y-1)$	$(x+1, y)$	$(x+1, y+1)$

(a) 3×3 픽셀 마스크



(b) 마스크의 방향

미분연산 방향		Sobel 연산자	
[N]	[NW]	$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 2 \end{bmatrix}$
[W]	[SW]	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & -1 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \\ 2 & 1 & 0 \end{bmatrix}$
[S]	[SE]	$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -2 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix}$
[E]	[NE]	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \\ -2 & -1 & 0 \end{bmatrix}$

(c) Sobel 연산자

그림 3-4. 대응화소와 Sobel 연산자

Sobel 수직과 수평 연산자를 이용해서 자동차 번호판 영상의 에지를 검출하면 그림 3-6과 같다.

$P_{i-1,j-1}$	$P_{i-1,j}$	$P_{i-1,j+1}$
$P_{i,j-1}$	$P_{i,j}$	$P_{i,j+1}$
$P_{i+1,j-1}$	$P_{i+1,j}$	$P_{i+1,j+1}$

 \otimes

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

(a) 가로성분추출

$P_{i-1,j-1}$	$P_{i-1,j}$	$P_{i-1,j+1}$
$P_{i,j-1}$	$P_{i,j}$	$P_{i,j+1}$
$P_{i+1,j-1}$	$P_{i+1,j}$	$P_{i+1,j+1}$

 \otimes

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

(b) 세로성분추출

그림 3-5. Sobel mask convolution 방식



a) 수직 에지 영상



b) 수평 에지 영상

그림 3-6 Sobel 수직 · 수평 에지 영상

자동차 영상은 수평선에 비해 번호판 이외의 영역에서 수직선이 찾아 지는 경우가 적기 때문에 수직선을 기준으로 하여 번호판 영역을 찾는다. 그림 3-6 (a)와 같이 수평 성분이

많은 Sobel 수평 연산자보다 수직 연산자를 사용하여 번호판 영역을 검출하는 것이 더 용이함을 알 수 있다. 본 논문은 수직 Sobel 연산자를 선택하여 수직 에지를 검출한다. 자동차 영상과 소벨 연산자를 회선(convolution)하여 수직 에지 영상을 얻게 되는 것이다.

3 배경곡선과 노이즈 제거

자동차 번호판 영역에 대한 수직에지 영상은 그림 3-7 (a)에서 볼 수 있듯이 번호판 에지 외에 긴 배경 곡선들과 짧은 랜덤 노이즈 등이 많이 있는 것을 알 수 있다. 이러한 배경과 노이즈 에지들은 자동차 번호판 위치를 방해할 수 있다. 에지 영상으로부터 이들을 제거하기 위한 알고리즘은 다음과 같다.

그림 3-7 (a)의 수직에지 영상으로부터 픽셀이 에지 포인트를 가지고 있다면 1, 그렇지 않다면 0으로 그림 3-7 (b)와 같은 영상 E를 생성한다.



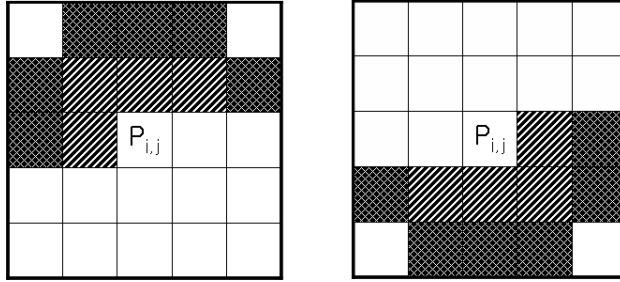
(a) 수직에지 영상

...
...	1	0	0	1	1	0	...
...	0	1	0	0	0	0	...
...	0	0	1	0	0	0	...
...	1	1	0	0	1	1	...
...	1	0	1	1	1	1	...
...	0	0	1	1	1	1	...
...

(b) E 영상

그림 3-7 수직에지 영상과 E 영상

먼저 수직 에지 영상에 대해 연결 길이 검사를 수행한다. 그림 3-8은 현재 픽셀과 관련하여 에지 길이를 구하는데 있어 관계되는 서로 이웃이 되는 픽셀들을 보여준다.



(a)

(b)

(a) 왼쪽 -> 오른쪽, 위 -> 아래 스캔영상

(b) 오른쪽 -> 왼쪽, 아래 -> 위 스캔 영상

그림 3-8. 픽셀 $P_{i,j}$ 의 이웃 픽셀들

먼저 왼쪽 상단부를 시작점으로 하여 아래로 에지 길이를 찾으며, 다음은 오른쪽 하단부로부터 위로 에지 길이를 찾는다. 그리고 두 종류의 길이를 더하여 실제 에지 길이를 표시하게 된다. 만일 에지 포인트가 아주 길면 배경 곡선으로 보고 아주 짧으면 노이즈 에지로 간주하여 에지 포인트를 에지 영상으로부터 제거한다.

E 는 에지 영상을 표기한다. 만일 픽셀 $P_{i,j}$ 가 에지 포인트라면, $E_{i,j}=1$, 그렇지 않으면 $E_{i,j}=0$ 이다. M 과 N 은 E 와 같은 크기를 가진 행렬이다. M 은 위에서 아래로, 왼쪽으로부터 오른쪽으로 탐색한 에지길이 행렬이며, N 은 아래에서 위로, 오른쪽에서 왼쪽으로 탐색한 에지길이 행렬이다. 이렇게 탐색한 두 종류의 에지길이의 합($M+N$)을 구하고, 만일 더한 에지길이가 번호판으로 추정되는 길이보다 길거나 아주 짧다면 노이즈로 여겨 제거된다. M 행렬과 N 행렬은 다음과 같이 구하게 된다.

자동차 번호판의 추정된 높이와 관계있는 T_{long} 과 번호판 에지의 대부분 길이보다 훨씬 짧은 T_{short} 은 에지 길이에 대한 두 개의 임계값이다.

Step 1) Initialize M, N to 0

Step 2) for i = 0 to 255

 for j = 0 to 255

 if ($E_{i,j} == 1$)

 if ($E_{i-1,j-1} + E_{i-1,j} + E_{i-1,j+1} + E_{i,j-1} > 0$)

$M_{i,j} = \max\{M_{i-1,j-1}, M_{i-1,j}, M_{i-1,j+1}, M_{i,j-1}\} + 1;$

 else

$M_{i,j} = \max\{M_{i-2,j-1}, M_{i-2,j}, M_{i-2,j+1}, M_{i-1,j-2}, M_{i-1,j+2}, M_{i,j-2}\} + 1;$

 end

 end

 end

end

Step 3) for i = 255 to 0

for j = 255 to 0

if ($E_{i,j} == 1$)

if ($E_{i-1,j-1} + E_{i-1,j} + E_{i-1,j+1} + E_{i,j-1} > 0$)

$N_{i,j} = \max\{N_{i+1,j-1}, N_{i+1,j}, N_{i+1,j+1}, N_{i,j+1}\} + 1;$

else

$N_{i,j} = \max\{N_{i+2,j-1}, N_{i+2,j}, N_{i+2,j+1}, N_{i+1,j-2}, N_{i+1,j+2}, N_{i,j+2}\} + 1;$

end

end

end

end

Step 4) for i = 255 to 0

for j = 255 to 0

if($E_{i,j} == 1$)

if($M_{i,j} + N_{i,j} > T_{long}$ || $M_{i,j} + N_{i,j} < T_{short}$)

$E_{i,j} = 0;$

end

end

end

end

그림 3-9. 노이즈 제거 알고리즘

위의 알고리즘에서 현재 픽셀 $P_{i,j}$ 의 관련된 이웃 픽셀들의 관찰을 통하여 에지 길이를 누적한다.

결과는 대부분의 곡선과 노이즈 에지가 제거되었지만 번호판 영역의 에지들은 대부분 존재함을 보여준다.



그림 3-10. 배경곡선과 노이즈가 제거된 영상

4 자동차 번호판 탐색 및 분할

번호판 영역이 아닌 에지들이 대부분 제거된 후에 자동차 번호판 영역을 탐색하고 추출하는 일이 요구된다. 여기서는 번호판의 크기보다 더 큰 사각형 윈도우를 에지 영상의 왼쪽 -> 오른쪽 그리고 위 -> 아래로 움직여 에지 포인트의 전체 수를 계산한다. 만일 에지 포인트의 수가 윈도우 영역의 임계값 이상이라면 대응하는 윈도우에 번호판 영역이 존재하게 될 것이다.

탐색 과정을 신속하게 하기 위해서 윈도우를 픽셀 단위의 이동대신에 $X_{step}=8$, $Y_{step}=8$ 에 의해 이동시킨다. 그리고 다음 4단계는 번호판 영역을 찾는 방법이다.

step 1) 배경곡선과 노이즈가 제거된 256×256 영상을 8×8 블록으로 균등하게 자르고, 각각의 작은 블록에서 에지 포인트의 수를 센다. 그리고 32×32 블록영상 B 를 형성한다.

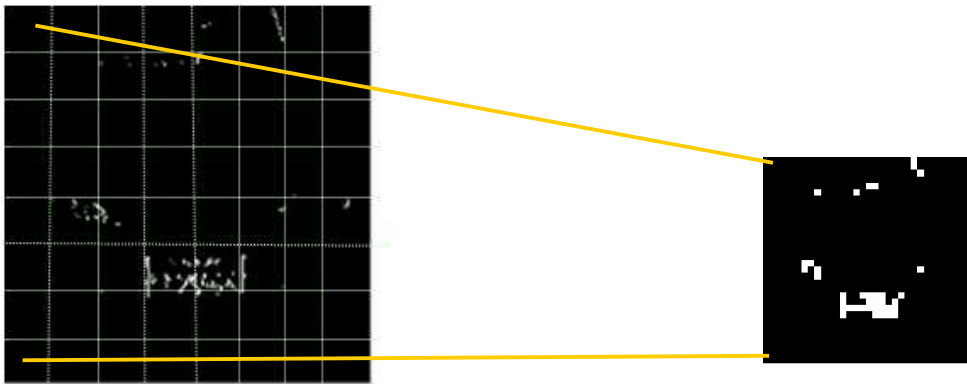
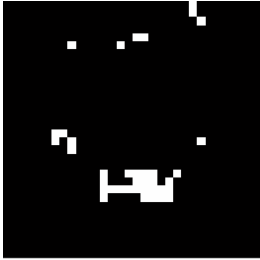


그림 3-11. 256×256 영상과 32×32 영상 B

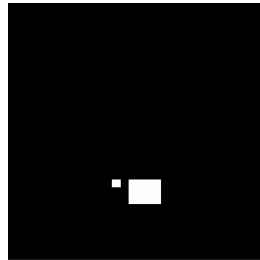
step 2) 8×4 행렬 W 를 사용하여 윈도우를 표시한다. 영상 B 와 윈도우 W 를 컨볼루션하여, 영상 $B'_{i,j}$ 을 출력한다.



(a) 영상 B

1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1

(b) 8×4 윈도우 W



(c) $B \otimes W$ 영상

그림 3-12. B' 영상

step 3) 만일 B' 이 임계치 T_{plate} 이상이고, $B'_{i,j}$ 가 지역 최대라면 번호판 후보들 중의 하나로서 영역 위치 $P_{8;i,8;j}$ 를 기록한다.

step 4) 국부 영역에서 모든 후보들을 찾아서 그들을 B' 값으로 정렬한 다음, 자동차 원 영상으로부터 그들을 분리한다.

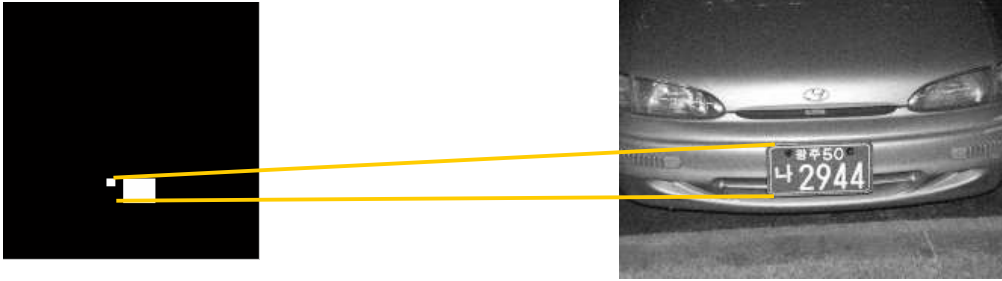


그림 3-13. 자동차 원 영상으로부터 번호판 검출

위의 알고리즘에서 얻은 결과 영상으로부터 실제 자동차 영상에서의 번호판 영역으로의 매칭은 그림 3-13과 같이 이루어진다. 일반적으로 번호판 중심에서의 반응이 다른 영역보다 훨씬 더 높으므로 오직 한 후보만이 탐색된다..

제 4 장 실험 결과

제 1 절 실험환경 및 시스템 구조

본 논문에서 적용한 시스템은 Pentium-4 2.3GHz, 512MB RAM PC, Windows XP 상에서 Visual C++ 6.0과 Matlab 7.0 환경에서 구현하였다. 실험 영상은 256 * 256 * 8(bit/pixel) 크기의 영상으로 'CAR0', 'CAR1', 'CAR2', 'CAR3', 'CAR4', CAR5' 등 총 6개의 자동차 번호판 영상이다. 실험 영상의 통계적 특성은 표 4-1과 같이 번호판 영역의 크기, 평균 표준편차, 중간값으로 나타내었다.

표 4-1. 실험 영상 데이터의 통계적 특성

실험 영상	번호판 크기	평균	표준편차	중간값
(a) CAR0	42 × 30	138.91	63.48	128
(b) CAR1	63 × 32	147.58	41.50	140
(c) CAR2	65 × 33	112.32	29.58	104
(d) CAR3	69 × 34	48.63	34.32	41
(e) CAR4	73 × 36	90.07	56.04	78
(f) CAR5	76 × 36	114.64	72.17	119

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 영상들을 실험하였다. 그림 4-1은 실험에서 사용한 자동차 번호판 입력 영상을 보여주며, 그림 4-2는 자동차 번호판 영역의 영상에 대한 히스토그램을 나타내었다.



(a) CAR0



(b) CAR1



(c) CAR2



(d) CAR3

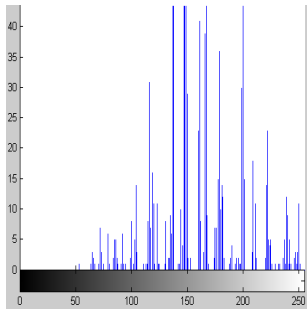


(e) CAR4

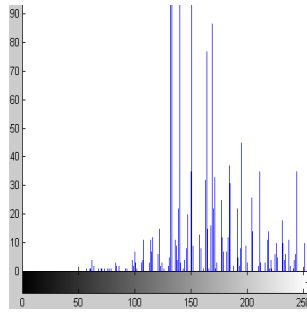


(f) CAR5

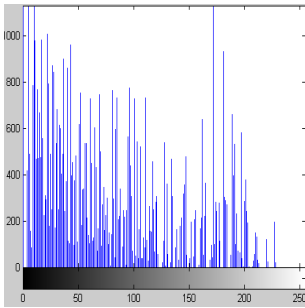
그림 4-1. 자동차 번호판 영상



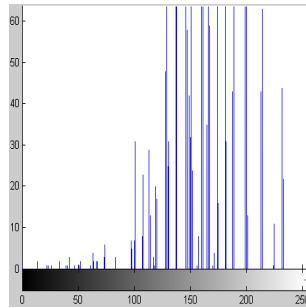
(a)



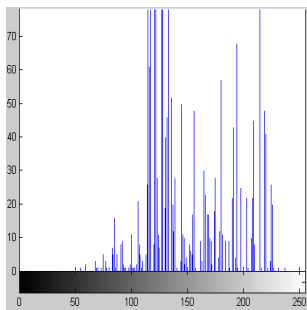
(b)



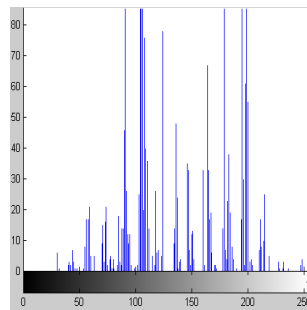
(c)



(d)



(e)



(f)

그림 4-2. 자동차 번호판 영역과 히스토그램

제 2 절 자동차 번호판 영역의 국부적 영상 향상 방법

다양한 환경에서 획득한 차량 영상에서 번호판 영역을 추출하기 위해 영상의 질을 개선하는 전처리 과정으로서 영상 향상을 수행한다. 자동차 원 영상들은 노면의 상태, 차량의 색상, 날씨에 따른 조명의 변화, 햇빛에 의한 그림자 등에 따라 영상의 질이 일정하지 않아 번호판 영역을 정확하게 추출하는 것이 어렵다.

본 논문에서는 자동차 번호판 영역을 검출하기 위한 전처리 과정으로서 명암 대비를 개선하고자 했으며, 이 때 영상 전체의 명암 대비를 향상시키는 방법이 아니라 자동차 번호판 영역만을 향상시키는 국부적인 명암 대비 개선 방법을 사용했다. 이를 위해 영상을 일정한 크기로 분할하여 각 블록에 대한 평균 명암도와 표준편차 σ 를 이용하여 개선된 명암도를 얻었다. 표 4-2는 자동차 번호판 입력 영상과 향상된 번호판 영상의 명암도 평균과 표준편차 값의 비교이다.

표 4-2. 명암도와 표준편차 비교

영상	자동차 번호판 입력 영상		향상된 번호판 영상	
	명암도 평균	표준편차	명암도 평균	표준편차
(a) CAR0	160.30	37.66	184.57	51.02
(b) CAR1	147.58	41.5	207.79	57.77
(c) CAR2	112.32	29.58	194.94	40.69
(d) CAR3	98.30	46.58	109.95	46.58
(e) CAR4	117.02	27.06	165.99	51.38
(f) CAR5	131.91	45.20	143.02	63.58

제 3 절 수직에지 추출 및 노이즈 제거

향상된 번호판 영역을 가진 영상에 Sobel 연산자를 사용하여 수직에지를 검출하고자 하였다. 번호판 영역의 수평 방향 에지를 억제하고 수직 에지영상을 얻기 위해 자동차 영상과 Sobel 연산자를 회전 하였으며, 그 결과는 그림 4-3과 같다.



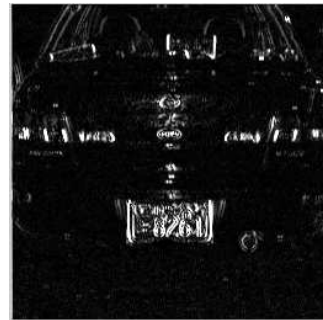
(a)



(b)



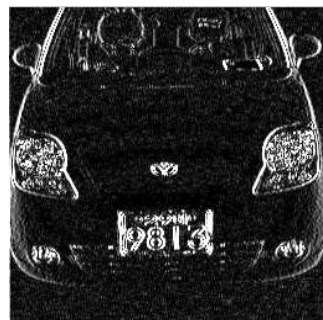
(c)



(d)



(e)



(f)

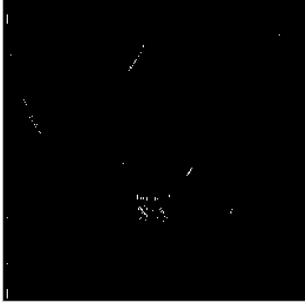
그림 4-3. Sobel 연산자를 사용한 수직 에지 추출

자동차 번호판 영상의 수직 에지들이 추출되면 배경에서 대부분의 곡선이나 노이즈들을 제거한다. 번호판 영역이 아닌 선들을 제거하기 위해 에지 밀도를 구하고, 전체 에지 밀도의 상위 75%와 하위 85% 이내에 번호판 영역의 에지들이 존재하므로 상위 임계치 T_{long} 과 하위 임계치 T_{short} 를 설정한다. 실험 영상의 임계치는 표 4-3과 같다.

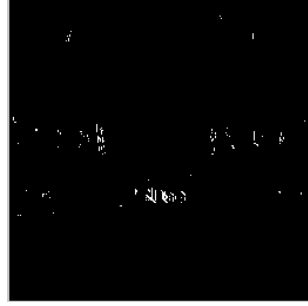
표 4-3. 실험 영상의 임계치

실험 영상	T_{long}	T_{short}
(a) CAR0	20	5
(b) CAR1	20	8
(c) CAR2	20	8
(d) CAR3	20	5
(e) CAR4	20	5
(f) CAR5	20	5

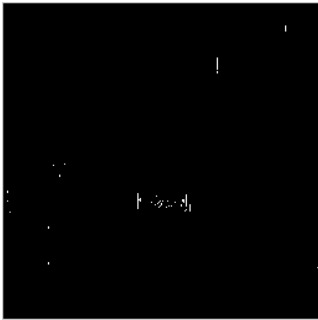
이러한 임계치를 실험 영상에 적용하여 배경 곡선과 노이즈를 제거한 영상은 그림 4-4와 같다.



(a) CAR0



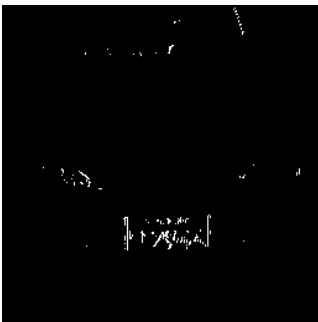
(b) CAR1



(c) CAR2



(d) CAR3



(e) CAR4

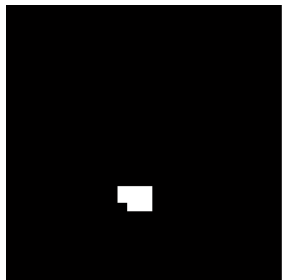


(f) CAR5

그림 4-4. 배경 곡선과 노이즈 제거한 자동차 영상

제 4 절 자동차 번호판 탐색 및 검출

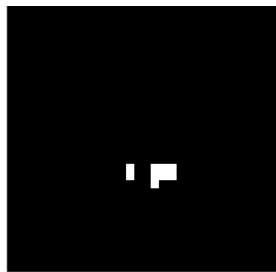
그림 4-5에서는 소벨 연산자를 사용하여 수직 에지를 검출한 이미지에서 노이즈를 제거한 256×256 크기를 가진 영상을 32×32 크기를 가지는 B' 영상과 얻어진 B' 영상에서 최대 후보 영역을 대상으로 원 영상에서 검출한 이미지를 나타낸다.



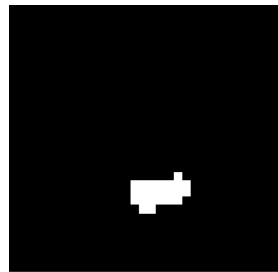
(a) CAR0



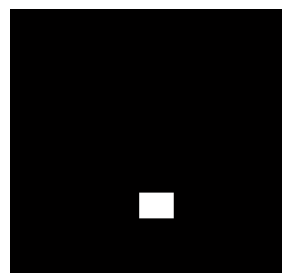
(b) CAR1



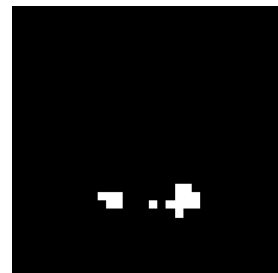
(c) CAR2



(d) CAR3



(e) CAR4



(f) CAR5



그림 4-5. 32×32 회선 출력 영상 B' 과 자동차 원 영상에서 검출한 번호판

제 5 장 결 론

자동차 번호판 영역 검출은 자동차 번호판 인식에 있어서 중요한 단계로 번호판 위치를 찾는 실시간적이고 효율적인 방법을 제시하였다. 번호판 영역은 에지와 텍스처 정보가 풍부하다는 것을 이용하여 자동차 원 영상에서 국부적 영상 향상 방법을 적용하였으며, 이렇게 함으로써 번호판 영역의 에지 영상을 향상 시킬 수 있었다. 자동차 영상은 수평선에 비해 번호판 이외의 영역에서 수직선이 찾아 지는 경우가 적기 때문에 수직선을 기준으로 하여 번호판 영역을 찾고자 하였으며, 소벨 수직 에지 영상만을 검출함으로써 번호판 검출을 어렵게 만드는 번호판 주변의 수평 에지들을 배제하였다. 이렇게 구해진 에지 영상에는 번호판 에지 외에 긴 배경 곡선들과 짧은 랜덤 노이즈 등이 포함되어 있어서 여전히 자동차 번호판 영역 검출을 어렵게 만든다. 그래서 본 논문은 번호판 영역이외의 에지들을 제거하고자 에지 연결성을 검사하는 스캔 방법을 제안하였다. 먼저 왼쪽 상단부를 시작점으로 하여 아래로 에지 길이를 찾았으며, 다음은 오른쪽 하단부로부터 위로 에지 길이를 찾았다. 그리고 두 종류의 길이를 더하여 실제 에지 길이를 표시하여 계산된 에지길이가 번호판 에지 길이보다 길면 배경 곡선으로 보고 아주 짧으면 노이즈 에지로 간주하여 해당하는 에지를 영상으로부터 제거하였다. 이렇게 함으로써 번호판 영역의 에지와 같은 길이를 갖는 에지를 제외한 나머지 에지들을 제거할 수 있었다. 이 방법은 번호판 영역 검출을 위한 효율적인 방법이 되었으며, 이후의 단계에서 그 유용성이 증명되었다. 노이즈가 제거된 에지 영상에서 번호판 영역의 크기보다 큰 사각형 윈도우로 에지 밀집도를 조사하여 번호판 후보영역을 찾아내고 원영상인 자동차 원 영상으로부터 번호판 영역을 검출하였다. 본 논문이 제안하는 방법은 실험 결과에서 높은 인식률을 나타내었으며 번호판 영역 검출 방법의 우수성이 입증됨을 알 수 있다.

본 논문에서 고려할 점은 번호판의 추정된 크기와 관련있는 값들이 존재한다는 것이다. 만일 자동차 원 영상에서 모든 번호판이 똑같은 크기를 갖는다면 제안한 방법은 훨씬 더 효율적인 방법이 될 수 있다.

향후 연구과제로는 실제 현장에서 획득된 다양한 자동차 이미지를 대상으로 실험하고 실시간적이고 효율적인 번호판 영역 검출과 번호판 인식에 대한 연구가 필요하다. 제안한 방법은 수표나 봉투 등에 있어서 문자 영역 검출과 복잡한 배경에 있어서 물체 영역 검출과 같은 다른 응용에서도 적용될 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] E. R. Lee, et. al., "Automatic Recognition of a car license plate using color image processing," Proc. IEEE Int. Conf. on Image Processing, Vol. 2, pp. 301-305, 1994.
- [2] M. Yoshida, "Optical Vehicle Detector for Traffic Control," ottawa-VNIS '93, pp. 154-156, Oct, 1993.
- [3] G. H. Ming, et. al., "Car number plate detection with edge image improvement," Fourth Int. Symp. on Signal Process and its Application, vol. 2, pp. 597-600, 1996.
- [4] V. S. Chakravarthy, B. Kompella, "The shape of handwritten characters", Pattern Recognition Letters, Vol. 24, pp. 1901-1913, 2003.
- [5] G. Y. Chen, T. D. Bui, A. Krzyzak, "Contour-based handwritten numeral recognition using multiwavelets and neural networks", Pattern Recognition, Vol. 36, pp. 1597-1604, 2003.
- [6] A. Cheung, M. Bennamoun, N. W. Bergmann, "An Arabic optical character recognition system using recognition-based segmentation", Pattern Recognition, Vol. 34, pp. 215-233, 2001.
- [7] 김영집, "HSI 컬러모델을 이용한 실내 주행 이동로봇의 장애물 고속 인식", 한국과학기술원 석사학위논문, 1996. 12.
- [8] 이진배, "조명과 기울기에 강한 차량 번호판 인식에 관한 연구", 숭실대학교 석사학위논문, 1995. 6.
- [9] 허남숙, "명암도 변화와 개선된 ART 알고리즘을 이용한 차량 번호판 인식에 관한 연구", 신라대학교 석사학위 논문, 2001.
- [10] Rafael, R. Alhadj, "Segmentation of connected handwritten numeral strings", Pattern Recognition, Vol. 36, pp. 625-634, 2003.
- [11] B. Fang, C. H. Leung, Y. Y. Tang, K. W. Tse, P. C. K. Kwok, Y. K.

- Wong, "Off-line signature verification by the tracking of feature and stroke positions", *Pattern Recognition*, Vol. 36, pp. 91-101, 2003.
- [12] A. James and Freeman, *Neural Networks: Algorithm, Application and Programming Techniques*, Addison -Wesley, 1991.
- [13] L. Fausett, *Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithm, and Applications*, Prentice Hall, 1994.
- [14] 김상운, *패턴인식 및 학습*, 홍릉과학출판사, 2003.
- [15] 권성진, 김경환, "퍼지원리에 기반한 차량 번호판 추출 방법", *한국컴퓨터 종합학술대회*, Vol. 32, No. 1(B), 2005.
- [16] S. L. Chang, L. S. Chen, Y.C. Chung, and S. W. Chen, "Automatic license plate recognition", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, pp. 42-53, 2004.
- [17] J. -S. R. Jang, C. -T. Sun, and E. Mizutani, *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*, Prentice Hall, 1997.
- [18] 조보호, 정성환, "ART2 신경회로망을 이용한 차량번호판 문자인식", *한국정보과학회, '97 가을학술발표논문집(2)*, pp. 455-458, 1997. 10.
- [19] K. Franke, M. Koppen, "A computer-based system to support forensic studies on handwritten documents", *IJDAR*, Vol. 3, pp. 218-231, 2001.
- [20] T. M. Ha, Z. H. Bunke, "Off-line Handwritten Numeral String Recognition by Combining Segmentation-based and Segmentation-free Methods", *Pattern Recognition*, Vol. 31, No. 3, pp. 242-272, 1998.
- [21] M. Hanmandlu, K. R. M. Mohan, S. Chakraborty, S. Goyal, D. R. Choudhury, "Unconstrained handwritten character recognition based on fuzzy logic", *Pattern Recognition*, Vol. 36, pp. 603-623, 2003.
- [22] L. Heutte, A. Nosary, T. Paquet, "A multiple agent architecture for handwritten text recognition", *Pattern Recognition*, Vol. 37, pp.

665-674, 2004.

- [23] J. Hu, H. Yan, "A model-based segmentation method for handwritten numeral strings", *Compute. Vision Image Understanding* Vol. 70, No. 3, pp. 383-403, 1998.
- [24] J. Hu, D. Yu, and H. Yan, "Construction partitioning paths for touching handwritten characters", *Pattern Recognition Letters*, Vol. 20, pp. 293-303, 1999.
- [25] Y. S Hwang and S. Y Bang, "Recognition of a handwritten Korea characters by combining segments using constraint satisfying graph," *Sixth International Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition*: 515-526, Teajon, Korea, August, 1998.

부 록

I_0 : 명암도 평균 기대값

σ_0 : 명암도 표준편차

$I_{i,j}$: 원 영상의 픽셀 $P_{i,j}$ 의 명암도

$\hat{I}_{i,j}$: 향상된 영상의 픽셀 $P_{i,j}$ 의 명암도

$\sigma_{W_{i,j}}$: 윈도우 $W_{i,j}$ 의 명암도의 표준편차

$\overline{I_{W_{i,j}}}$: 윈도우 $W_{i,j}$ 의 명암도의 평균값

E : 에지 이미지(만약 픽셀 $P_{i,j}$ 에 에지 값이 있으면 $E_{i,j}=1$, 그렇지 않으면 $E_{i,j}=0$)

M, N : E와 같은 크기의 행렬

T_{long} : 번호판 영역의 추측 높이

T_{short} : 번호판의 대부분 에지 길이보다 작은 값

B : 자동차 에지 영상을 8×8 크기안의 에지 수의 값으로 만든 32×32 크기의 영상

W : 8×4 크기의 행렬

B' : 영상 B와 윈도우 W를 컨벌루션한 결과영상 ($B \otimes W$)