Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers Vol.52, NO.11, November 2015 http://dx.doi.org/10.5573/ieie.2015.52.11.087
ISSN 2287-5026(Print) / ISSN 2288-159X(Online)

논문 2015-52-11-10

C-ITS 환경에서 V2I 실현을 위한 버스 전용 차선 및 주행 차량 번호판 인식

(Bus-only Lane and Traveling Vehicle's License Plate Number Recognition for Realizing V2I in C-ITS Environments)

임 창 재*, 김 대 원**

(Changjae Im and Daewon Kim©)

요 약

최근 지능화된 사물들이 연결되는 네트워크를 통해 사람과 사물, 사물과 사물 간에 상호 소통하고 상황인식 기반의 지식이 결합되어 인공지능 서비스를 제공하는 사물인터넷 (IoT : Internet of Things) 환경이 급속도로 발전하고 있다. 이러한 사물인터넷의 발전과 더불어 C-ITS (Cooperative Intelligent Transport System) 환경에서 고속으로 이동하는 차량이 기존의 노변 인프라 외에 주행 중인 다른 차량까지 교통 인프라에 포함하여 차선 및 번호판 인식, 전방 사고 및 도로 공사 감지 등 쌍방향 정보 공유를 통해 효율적인 도로 주행을 함으로써 운전자에게 편리성과 안전성을 높여주고 나아가 교통 효율성을 높이고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 C-ITS 환경에서 고속도로 주행 시 버스전용 차선 인식 후 교통 인프라와 연계하여 버스전용 차선 내 주행차량의 주행 가능 여부를 판단하고 이에 따른 후속 조치에 관한 연구를 진행하였다. 버스전용 차선 인식을 통해 버스전용 차로의 위치를 파악한 후 후속 차량의 정면 전방 및 측면 전방 차량의 번호판 인식을 진행하고 향후 교통 인프라로 하여금 인지하게 하는 방법에 관한 학습과 해당 실험결과를 제시하였다.

Abstract

Currently the IoT (Internet of Things) environments and related technologies are being developed rapidly through the networks for connecting many intelligent objects. The IoT is providing artificial intelligent services combined with context recognition based knowledge and communication methods between human and objects and objects to objects. With the help of IoT technology, many research works are being developed using the C-ITS (Cooperative Intelligent Transport System) which uses road infrastructure and traveling vehicles as traffic control infrastructures and resources for improving and increasing driver's convenience and safety through two way communication such as bus-only lane and license plate recognition and road accidents, works ahead reports, which are eventually for advancing traffic effectiveness. In this paper, a system for deciding whether the traveling vehicle is possible or not to drive on bus-only lane in highway is researched using the lane and number plate recognition on the road in C-ITS traffic infrastructure environments. The number plates of vehicles on the straight ahead and sides are identified after the location of bus-only lane is discovered through the lane recognition method. Research results and experimental outcomes are presented which are supposed to be used by traffic management infrastructure and controlling system in future.

Keywords : M2M, IoT, V2I, 버스전용 차로, 차선인식, 번호판인식

* 학생회원, 단국대학교 대학원 컴퓨터학과
(Department of Computer Science, Graduate School of Dankook University)
** 정회원, 단국대학교 멀티미디어공학과
(Department of Multimedia Engineering, College of Engineering, Dankook University)
© Corresponding Author (E-mail: drdwkim@dku.edu)
※ This work was supported by the ICT R&D program of MSIP/IITP [B0101-14-0059, Human Resource Development Program for Future Internet].
Received ; April 23, 2015 Revised ; September 17, 2015 Accepted ; November 3, 2015

Ⅰ. 서 론

컴퓨터의 빠른 보급과 함께 인터넷 망의 확산은 수많은 컴퓨터를 하나의 네트워크로 묶어주는 역할을 했고, 네트워크를 통해 컴퓨터간의 데이터를 원격으로 주고받는 시대가 도래 하였다. 또한 스마트폰 사용자가 폭발적으로 증가하며 인터넷 망도 급속도로 확장시키고, 기존 컴퓨터에서만 사용되던 인터넷이 스마트폰으로도 영역을 넓혀가며 2000년대에는 모바일 인터넷이 화두가 되었다. 모바일 인터넷 시대를 거쳐 2010년대는 무선 또는 유선을 통해 디바이스간 커뮤니케이션을 지원하는 모든 기술을 의미하는 사물지능 통신 M2M (Machine to Machine)과[1~2] 모든 사물이 인터넷과 같은 거대한 망에 연결하여 하나의 틀로 묶어내어 제공하는 서비스인 IOT (Internet of Things)로 대변되는 사물인터넷의 세상이 될 것으로 전망되고 있다.[3~5] 사물인터넷의 발전과 더불어 협력 지능형 교통체계 C-ITS (Cooperative Intelligent Transport System)가 등장하였다. C-ITS는 차량에 무선통신기술이 결합되어 차량을 중심으로 네트워킹을 형성하여, 운전자, 차량, 도로 간의 연관성이 더욱 긴밀해 지면서 안정성과 편리성 증대 및 교통 효율성을 증대 시킬 수 있다.[6~7] 미국과 유럽은 동일한 WAVE (Wireless Access in Vehicular Environment)통신기술 표준을 기반으로 C-ITS 서비스 실현을 목표로 하고 있다. WAVE 통신기술은 IEEE 통신표준으로 V2V (Vehicle to Vehicle)와 V2I (Vehicle to Infrastructure)통신을 지원하는 개념을 의미한다.[8] 이는 높은 이동성을 제공하며 도플러 효과와 같이 간섭이 잘 발생하는 실외 환경에 적합하기 때문에 변화가 극심하고 단기간에 정보를 교환할 수 있어야 하는 고속 이동 차량 환경에 특화된 무선 통신 기술이다. WAVE 통신 표준은 IEEE 802.11p와 IEEE 1609 시리즈 규격으로 개발되어 왔다. IEEE 802.11p는 기존의 무선 랜 표준인 IEEE 802.11에서 차량통신 환경에 맞추어 보완한 것으로 전송을 위한 물리계층과 MAC 계층을 포함하며, IEEE 1609 시리즈는 멀티채널 동작에 대한 기술, 보안 서비스, 네트워킹 기능, 상위 계층의 어플리케이션을 정의하고 있다. V2V 네트워킹은 차량 간 통신으로 실시간 정보를 전달하여 협력 주행을 통해 안전 서비스를 제공하며 V2I 네트워킹을 이용하여 텔레매틱스 서비스, 자동 요금징수 서비스, 교통 정보 수집 및 제공

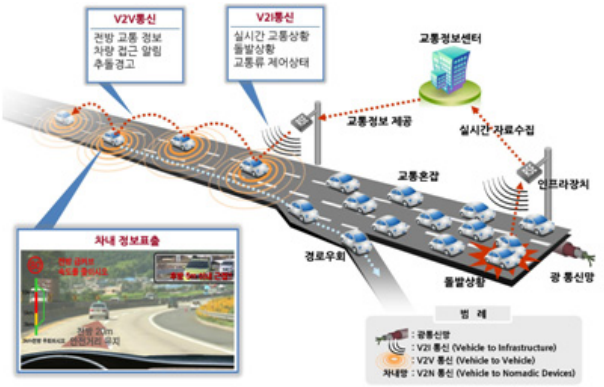


그림 1. V2I와 V2V 기반 도로의 자동차 협업 서비스 시스템 (출처 : 국토해양부)

Fig. 1. Vehicles' cooperative service system for V2I and V2V based roads. (source: Ministry of land, transport and maritime affairs)

표 1. V2V와 V2I 통신 기반 차량안전 시스템 응용분야

Table 1. Vehicles safety system applications based on the V2V and V2I communications.

통신 방식	Application	상세내용
V2V 통신 기반	사각지대 경고/차선 이탈 경고	사각지대나 뒤따라오는 차가 있는 경우 운전자가 차선을 변경할 때 경고
	전방 충돌 경고	전방차량이 갑자기 속도를 늦추거나 멈출 때, 운전자가 속도를 늦추지 않을 경우 경고
	전방차량 브레이크 알림	전방 차량이 급제동 시 경고
	교차로 이동 보조	교차로 진입이 안전하지 않을 경우 경고
	추월경고	반대편 차선에 진행 차량이 있는 경우 운전자가 차선변경을 시도할 때 경고
	돌발 차량 경고	인근 차량이 돌발적으로 움직일 경우 경고
V2I 통신 기반	교차로 안전성 관리	보행자 검지, 신호 관리
	차량 도로 이탈 관리	차량의 도로 이탈 경고
	차량 속도 관리	스쿨존, 공사 지역, 커브, 악천후 및 기타 속도 제한 구역에서 속도 관리
	상용/공용차 안전 관리	긴급, 응급차 우선 진행

서비스를 제공한다.[9~10] 본 논문은 협력 지능형 교통체계인 C-ITS의 도로 환경에서 V2I 네트워킹이라는 기술을 이용하여 버스전용 차로의 위반여부를 판단하는 시스템에 대해 제안한다. C-ITS의 핵심 기술로 V2I,

V2V 네트워킹 기술이 있다. 그림 1은 V2V, V2I기반도로의 자동차 협업 서비스를 나타낸 것이다. 기존의 고속도로 버스전용 차선 단속 방법은 특정지점마다 고정식 단속 카메라가 설치되어 있다. 경부고속도로를 기준으로 버스전용 차로 단속 카메라가 평균 9 km간격, 최장구간은 15.8 km로 경부고속도로를 자주 이용하는 승용차는 단속을 피하여 위반하기에 용이하다. 이렇게 단속 카메라를 피하기 위하여 위반차량의 무리한 차선변경으로 대중교통 이용자의 안전한 이동에 위협이 된다. 이런 점을 보안하기 위해 중앙고속에서 경부고속도로 버스전용 차로 구간의 위반차량을 단속할 수 있도록 버스에 블랙박스를 설치하여 고속도로 전 구간의 위반 차량을 촬영해 신고할 수 있게 된다. 하지만 촬영된 후에 기록된 영상을 다시 확인하여 단속을 해야 한다는 점에서 추가적인 시간과 번거로움이 동반하게 된다.

표 1은 V2V, V2I 네트워킹 기술을 이용한 차량안전 시스템 어플리케이션에 대한 설명이다. 본 논문에서는 고가의 촬영 장비가 아닌 흔히 사용되고 있는 블랙박스 및 휴대 전화 카메라 같은 저가의 차량 내 영상 기록 장치를 이용하여 버스전용 차로의 위치를 확인하여 전방뿐만 아니라 측면의 차량 번호판까지 인식을 하여 버스전용 차로 주행가능 여부를 판별하고, 주행 중인 차량이 이용 불가능한 차량이라면 V2I 네트워킹을 통해 촬영된 영상과 인식된 번호판을 센터에 송부하여 적절한 해당조치를 하게하는 시스템을 제안하는 바이다.

Ⅱ. 관련 연구

사물인터넷은 다양한 정보통신기술이 발전하면서 인터넷의 사용주체가 사람에서 사물로 확대되는 환경을 이야기한다. 물리적 또는 가상의 식별자를 가진 표준 및 상호 운용 통신 프로토콜, 물리적 형태와 지능, 자동 구성 기능과 역동적 인 글로벌 네트워크 인프라로 정의될 수 있다.[11] 사물인터넷은 모든 곳에 적용이 되기 때문에 생각보다 많은 부분에서 개발이 이루어지며 이미 사용이 되고 있다. 응급 의료 서비스를 제공하기 위한 IoT 기반의 시스템[12], 작물 통계정보 및 농업환경 정보 간의 상관관계분석을 통한 IoT 기반 농업생산 시스템[13], 이 밖에도 차량, 건물, 주차장, 가전제품 등 수 많은 사물을 이용한 사물인터넷의 보급이 확산되고 있다.[4~5] 이 중에서도 인간의 생활과 밀접한 관련이 있는 차량에서의 사물인터넷 기술이 크게 발전하여 국내외에서 C-ITS 구축 사업이 본격적으로 추진되고 있다. C-ITS는 교통수단 및 교통시설에 전자제어 및 통신기술을 접목시켜 교통정보 및 서비스를 제공하고 교통흐름을 제어하여 효율성과 안정성을 향상시키는 교통체계를 의미한다. 주요 국가에서 C-ITS의 핵심 사안 중 하나로서 자동차가 단순한 개인의 이동수단이 아니라 사회적 인프라로서의 역할도 수행하게 되는 V2V, V2I 통신 기술 개발이 활발히 진행되고 있다. V2V는 근처 차량의 위치, 속도 등의 정보를 공유하면서 갑작스러운 교통사고를 예방한다. 앞차와의 거리가 좁혀지면 스스로 브레이크를 작동하거나[14], 옆 차로 차량이 갑자기 끼어들거나 운전자의 시야에 벗어나게 되면 경고를 준다.[15] 또한 충돌이 예상되면 차량이 스스로 차로를 바꾸며 사고를 피한다.[16] 미국 정부는 수년간 V2V 통신 기술 연구를 진행하며, 결과적으로 음주운전이나 기계적 이상을 제외하고 일상적인 교통사고를 최고 80% 가량 예방할 수 있다는 결론을 얻었으며, 오는 2017년 상용화를 목표로 추진중이다. 국내에서도 C-ITS 구축을 위한 V2V, V2I 기술 개발이 한창이다. IEEE 802.11p 규격과 호환성이 있는 멀티 홉 방식의 차량 간 통신기술의 개발을 시발점으로[17~18], 차량 간 실시간 무선통신을 통해 앞차와의 사고와 같은 돌발 상황을 뒤따라오는 차량에 직접 전달하여 연쇄 추돌을 미연에 방지하며, 대용량 컴퓨터를 이용하여 도시의 도로 신호 체계와 교통흐름을 자동으로 통제하는 차세대 지능형교통체계도 개발 중이다.[19~20] 또한 주행 중인 차량에서 영상 인식을 통하여 도로 상황, 주변 환경, 차량 감시, 교통사고 예방 등을 위한 영상처리 기술도 연구 되고 있다. 차량 번호판 인식의 경우 고정된 카메라 에서 촬영된 영상 내 차량의 번호판을 인식하는 연구에서 주행 중인 차량에서 수집한 영상을 대상으로 번호판 인식을 수행하기 위한 연구가 늘어나고 있다. SIFT와 신경망을 이용한 학습 기반의 차량 번호판 검출방법[21], 입력 영상 내 Edge의 양 및 Edge 간의 위치관계 특성에 기반 한 번호판 검출 방법[22]과 같이 영상 내 차량의 위치, 촬영 각도, 명암, 배경의 복잡도 등 다양한 환경적 요인을 포함한다. 교통사고를 예방 할 수 있는 차선 인식 기술 또한 직선 검출을 이용한 방법, 형태학과 색상정보를 이용한 방법[23], k-means clustering과 RANSAC 알고리즘을 이용한 방법[24] 등 다양한 차선 인식 방법들이 연구되고 있다.

Ⅲ. 버스전용 차선 검출

1. 차선 검출

고속도로의 버스전용 차선 색상은 파란색으로 이루어져 있다. 이러한 특징을 이용하여 RGB색상인식을 통한 버스전용 차선인식을 수행 할 수 있다. 그림 2는 본 연구에서 수행된 버스전용 차선 인식 알고리즘의 순서도이다.

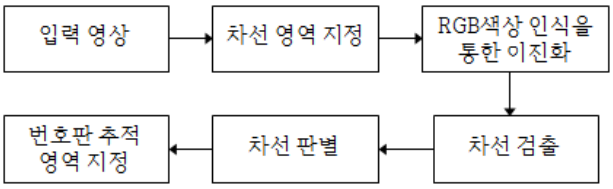


그림 2. 버스 전용 차선 인식 순서도
Fig. 2. Flowchart of bus-only lane recognition.

(1) 차선 영역 지정

차량 내 블랙박스의 위치는 대부분 차량의 중앙에 위치한다. 이러한 이유로 도로를 주행 중인 차량에서 촬영된 영상의 차선은 특정위치에 나타나게 된다. 따라서 영상을 일정한 크기로 6등분 하였을 때 그림 3처럼 영상의 양쪽 끝에 차선이 위치해 있는 것을 볼 수 있다. 그림 3의 ④번 영역에는 왼쪽차선이 ⑥번 영역에는 오른쪽 차선이 가장 많이 위치해 있는 것을 볼 수 있다. 이러한 특징을 이용하여 버스전용 차선을 찾기 위해 입력된 영상의 전체영역을 이용하여 차선인식 알고리즘을 시행하지 않고, 영상의 중심을 기준으로 오른쪽, 왼쪽에 가로, 세로의 일정한 크기를 갖는 사각형 모양의 차선 영역을 지정하여, 이 영역에서만 차선의 유무를 판단하여 버스전용 차로의 위치를 찾는다.

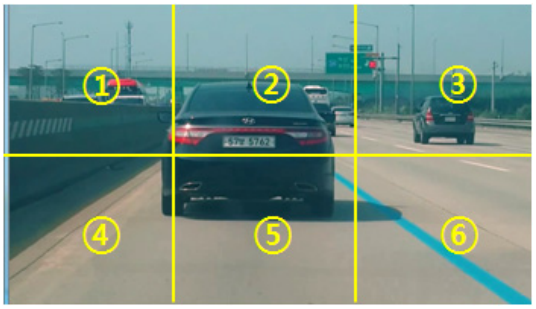


그림 3. 여섯 등분된 입력 이미지
Fig. 3. Input images divided into six elements.

(2) 컬러 색상 인식을 통한 이진화

영상 이진화란 RGB 값으로 다양하게 분포되어 있는 색상 값을 0과 또는 255의 값으로 바꾸어 표현하는 것이다. 이는 RGB 컬러 영상을 흑백영상으로 바꾼 뒤 특정 임계값을 기준으로 초과 값은 255로, 이하 값은 0으로 변환시키는 작업이다. 본 연구에서는 이렇게 흔히 사용되는 이진화 방법처럼 RGB 컬러 영상을 흑백 영상으로 변환 시키지 않고 R, G, B 각각의 색상 값을 이용하여 영상을 이진화 시키는 방법을 사용하였다. RGB란 Red, Green, Blue의 조합의 의미로 널리 쓰이고 있는 색 표현법이다. 빛의 삼원색 밝기 값을 각각 0 ~ 255 사이의 숫자로 표현하는 방법이다. 이를 이용하여 차선 영역으로 지정된 영상의 R, G, B값을 각각 0 ~ 255사이의 숫자로 표현한다. 고속도로의 색상 구성은 어두운 색의 차도위에 흰색, 황색, 파란색의 차선으로 차로를 이루고 있다. 표 2는 고속도로를 구성하고 있는 차도와 차선들의 RGB 색상 값의 범위를 나타낸다.

RGB 색상 인식 결과 값을 이용하여 버스전용 차선에 해당하는 파란색 차선은 다른 차선과 차도에 비해 낮은 R 값을 가지고 있는 것을 볼 수 있다. 이를 이용하여 픽셀마다 R 값이 30이하이면서 G와 B의 색상 값이 140 ~ 180, 180 ~ 245의 범위를 만족하면 해당 픽셀 값을 255로 바꾸고 그렇지 않은 픽셀 값은 0으로 바꾸는 방법을 이용하여 영상을 이진화 시킬 수 있다. 이렇게 이진화 작업을 수행하게 되면 파란색 버스전용 차선영역만 흰색으로 추출 된다.

표 2. 차도와 차선의 RGB값
Table 2. RGB values of lanes and lane-dividing lines.

구분	R값	G값	B값
파란색 차선	0~30	140~180	180~245
흰색 차선	140~180	180~220	180~220
황색 차선	150~200	110~200	80~140
차도	70~200	100~170	100~160

(3) Hough transform을 이용한 차선 검출

다음 단계를 위해서는 RGB 색상 인식을 통해 이진화된 영상에서 얻어진 흰색 부분이 파란색 버스전용 차선에 의해 이진화 된 것인지 아니면 차선이 아닌 다른 파란색 물체에 의해 이진화 된 것인지에 대한 구분이 필요하다. 이를 위해 고속도로위의 차선은 일정한 폭으

로 직선의 형태를 이루고 있다는 특징을 이용하여 이진화된 영상에 허프 변환 알고리즘을 이용해 직선을 검출한다.

$$y = ax + b \tag{1}$$

$$b = x_i a + y_i \tag{2}$$

$$p = x\cos\theta + y\sin\theta \tag{3}$$

허프 변환은 영상에 있는 점들이 이루는 직선들 중 가장 많이 겹치는 부분을 추출하는 변환규칙이다. 모든 직선은 식 (1)과 같이 기울기와 y절편으로 나타내어진다. 이를 달리 해석하면 a, b 파라미터 공간상에서는 식 (2)와 같이 표현 할 수 있다는 것이다. 하지만 위 식은 기울기가 무한대에 가까워질 수 있기 때문에 처리하기가 어렵다. 이를 극복하기 위하여 식 (3)와 같은 정규적 표현 방법을 사용 하였다. 식 (3)에서 θ는 $[0, \pi]$의 범위를 가지고 p은 양수나 음수 값을 가질 수 있다. p와 θ로 정해지는 좌표계에서 하나의 직선은 하나의 점으로 표시된다. 이와 같은 식에 의해 영상의 각 픽셀에서 검출된 (p, θ) 값은 누적표에 더해지게 되고 이렇게 누적된 값들 중 최대값을 갖는 (p, θ)를 역변환하면 직선을 추출 할 수 있다[25~26]. RGB 색상 인식을 통해 이진화된 차선 영역의 영상을 허프 변환 알고리즘을 사용하여 직선을 검출할 때, 이진화 된 영상의 차선의 굵기가 두꺼울수록 검출되는 직선의 개수가 많아지게 된다. 따라서 허프 변환을 통해 직선을 검출하기 전에 윤곽선 추출과 팽창연산을 이용하여 전처리 작업 후 직선을 검출하게 된다. 그림 4는 직선 검출을 위한 순서도를 나타낸 것이다.

직선 검출을 위해 차선 영역의 이진영상을 Canny Edge 알고리즘을 사용하여 차선의 윤곽선을 추출한다. 이렇게 추출된 차선의 윤곽선은 육안으로는 구분이 안되어 직선을 구성하는 픽셀의 사이가 끊어져 있을 수 있다. 따라서 얻고자 하는 직선 검출 결과가 나오지 않

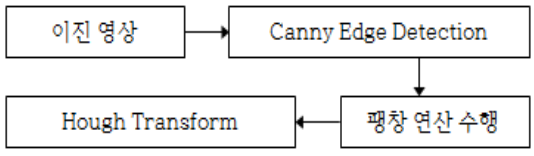


그림 4. 직선 검출 순서도
Fig. 4. Flowchart of straight line detection.

기 때문에 팽창 연산을 통해 직선 사이의 픽셀 값을 연결시켜주어야 한다. 이렇듯 팽창 연산과 Canny Edge 추출기법을 통하면 윤곽선의 끊어진 직선 사이의 픽셀 값을 연결시켜 줄 수 있다. 이와 같이 전처리 과정을 거친 후 허프 변환 알고리즘을 이용하여 직선을 검출한다.

(4) 차선 판별

다음은 허프 변환 알고리즘을 통해 검출된 직선이 차선이 맞는지에 대한 판별이 필요하다. 지정된 차선영역에 일정 길이 이상 차선이 위치해 있기 때문에 이 같은 조건을 이용해 검출된 직선이 차선이 맞는지 판별해야 한다.

$$l = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \tag{4}$$

$$radian = \tan^{-1}\frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \tag{5}$$

허프 변환을 통해 찾아진 직선들은 시작점 (x_1, y_1)과 끝나는 점 (x_2, y_2)으로 이루어져 있다. 이 점들을 직선의 길이를 구하는 식 (4)에 적용시켜 길이를 구한 후 지정된 차선 영역의 대각선 길이보다 70% 이하인 직선은 필터링을 통해 제거한다. 직선이 길이 조건을 만족 했다면 다음으로 직선의 기울기를 구한다. 도로에 일직선으로 그려져 있는 차선을 운전자의 시각에서 그림 5와 같이 일정하게 기울어져 있는 것을 볼 수 있다. 이 같은 조건을 이용하여 길이 조건을 만족한 직선들의 기울기를 구하여 따져본다. 기울기는 두 점 사이의 각도를 구하는 식 (5)를 이용하여 구한다. 이렇게 구한 radian 값을 degree로 바꾸어 다음 단계에 사용한다. 주행 중인 차량을 기준으로 전방에 버스전용 차선의 위치

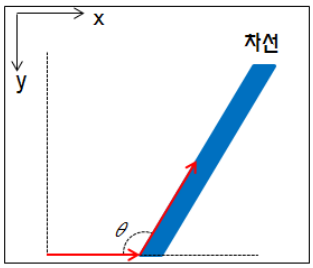


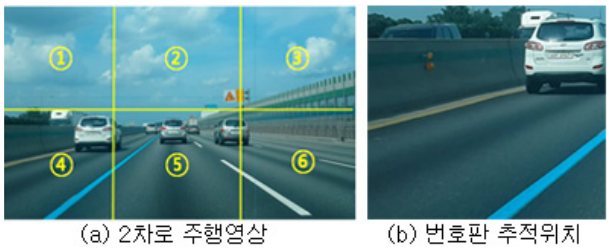
그림 5. 운전자 시야에서의 왼쪽 차선모양
Fig. 5. Shape of the left lane-dividing line at the driver's eyesight.

가 왼쪽에 있을 때 차선의 각도는 110 ~ 130° 사이 값이, 차선이 오른쪽에 있을 때는 40 ~ 60° 사이 값이 나오는 것을 알 수 있었다. 이와 같은 특징을 이용하여 직선들의 기울기를 구하고 위의 각도 조건을 만족할 경우 에만 차선으로 판단하였다.

2. 번호판 추적 영역 지정

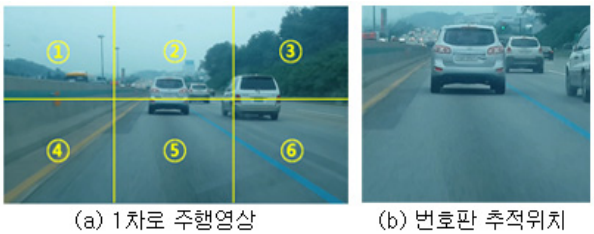
버스전용 차선 검출을 위해 차선 영역은 중앙을 기준으로 오른쪽, 왼쪽 두 곳에 지정한다. 이렇게 하는 이유는 버스전용 차로의 오른쪽 옆 차로(2차로)를 이용하는 차량에서도 버스전용 차로(1차로)를 달리는 전방의 차량을 인식하기 위함이다. 그림 6의 (a)에서 2차로를 주행하는 차량에서 찍은 영상을 여섯 등분한 것을 볼 수 있다. 만약 주행 중인 차로가 그림 6의 (a)와 같이 버스전용 차로의 오른쪽 옆 차로인 2차로라면 버스전용 차로의 위치는 운전자 시각에서 봤을 때 영상의 왼쪽에 위치해 있을 것이다. 이 같은 경우 그림 6의 (b)처럼 (a)영상의 좌측 하단 부분인 ④번 영역이 버스전용 차로이기 때문에 이 영역에서만 버스전용 차로 위반 여부를 판단하기 위해 차량번호판 인식을 수행하면 된다.

또한 주행 중인 차로가 1차로인 버스전용 차로라면 그림 7의 (a)와 같이 운전자 시야를 기준으로 오른쪽에 버스전용 차선이 위치하게 된다. 이와 같은 경우에는 전방의 차량이 버스전용 차로 주행을 위반하고 있는지 여부를 판단하면 되므로 그림 7의 (a)에서 ②번과 ⑤번 영역 사이인 정면 부분에서만 번호판 인식을 수행하면 된다. 이 같은 방법으로 버스전용 차로를 주행 중인 차량이 앞 차량의 번호판을 인식하여 주행가능 여부를 판단할 수 있을 뿐만 아니라 버스전용 차로의 오른쪽 옆 차로인 2차로에서 주행 중인 차량들도 버스전용 차로를 위반하고 있는 차량을 인식 할 수 있게 된다.



(a) 2차로 주행영상 (b) 번호판 추적위치

그림 6. 2차로 주행 시 번호판 추적 영역
Fig. 6. Tracking area of license plate when traveling on the second lane.



(a) 1차로 주행영상 (b) 번호판 추적위치

그림 7. 1차로 주행 시 번호판 추적 영역
Fig. 7. Tracking area of license plate at the time of lane traveling.

Ⅳ. 차량 번호 인식

1. 차량번호 인식 방법

차량 번호판 인식에 사용되는 영상은 고속도로를 주행 하면서 전방에 주행 중인 차량을 촬영한 것이기 때문에 흔들림이 많고 초점을 맞추기가 어렵다. 그러므로 카메라의 화소에 비하여 촬영된 영상은 화질이 떨어질 수밖에 없다.

또한 햇빛에 민감하게 반응하기 때문에 이러한 특성까지 고려한 영상처리 과정을 통하여 번호판을 인식해야 한다. 이를 위해 Labeling 방법을 이용하여 번호판 영역을 추출한다. 그림 8은 차량번호 인식 과정을 나타낸 순서도이다.

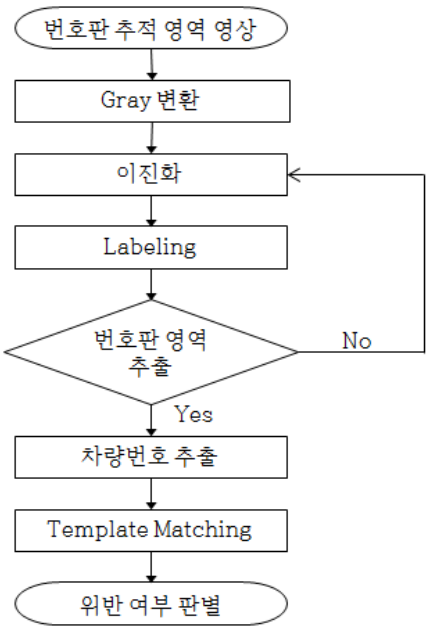


그림 8. 차량번호 인식 알고리즘 순서도
Fig. 8. Flowchart of vehicle's license plate recognition algorithm.

(1) 이미지 이진화

차량 번호 인식 알고리즘 순서도의 과정을 따라 차량 번호판 추적 영역 영상을 Gray scale로 변환시킨 후 이진화 작업을 수행한다. 그림 8의 순서도에서 영상 이진화 후 Labeling을 통해 번호판 영역을 추출하는데, 만약 번호판 영역이 추출되지 않았다면 다시 이진화 단계로 돌아가 이 작업을 반복한다. 처음 이루어지는 이진화는 Otsu 알고리즘을 사용하는데 첫 단계에서 성공하지 못했다면 다음으로 Adaptive 이진화 방법을 이용하게 된다. 여기에서도 성공하지 못했다면 Binarization 방법을 이용하여 이진화 작업을 수행한다. 이렇게 세 가지 방법의 이진화를 사용하는 이유는 고속도로를 주행 중인 환경에 따라 입력 영상의 명암대비가 달라지고 빛에 의해 번호판 영역에 그림자가 드리워져 있을 수도 있기 때문이며, 상황에 맞도록 적절한 이진화 작업을 수행하여 차량 번호인식률을 높이기 위해서이다.

가. Otsu Thresholding Algorithm

오츠의 분산 알고리즘은 그림 9와 같이 입력된 Gray 영상의 히스토그램 형태가 두 개의 봉우리 형태를 이룰 때 중간점을 기준으로 하여 이진화 하는 방법이다.[27]

$$\sigma_w^2(t) = w_1(t)\sigma_1^2(t) + w_2(t)\sigma_2^2(t) \tag{6}$$

$$\sigma_b^2(t) = \sigma^2 - \sigma_w^2(t) = w_1(t)w_2(t)[\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2 \tag{7}$$

$$\eta(T) = \left[\frac{\sigma_b^2(t)}{\sigma_w^2(t)}\right]_{\max} \tag{8}$$

이 방법은 통계학적인 방법이 포함되어 있는데, 클래스 내의 분산, 클래스 간의 분산 두 가지의 방법으로 가장 좋은 임계값을 찾을 수 있다. 첫 번째 방법인 클래스 내의 분산은 수 식 (6)과 같이 구할 수 있다. 여기서 w는 통계학적으로 t 픽셀 값이 나타날 확률을 의미한다. σ_i^2 분산은 얼마나 픽셀이 퍼져있는지에 대한 정보이며 값이 작을수록 특정 픽셀에 몰리게 되므로 구분하기에 더 좋다. 즉, 이 값이 작을수록 성능이 좋으므로 임계값으로 사용한다. 두 번째 방법인 클래스 간의 분산은 식 (7)을 이용하여 구한다. 각 클래스의 분산 값을 뺀 것으로 각 클래스의 가중치 값을 곱하고 그 값과 각 클래스의 평균값을 뺀 값의 제곱 값과 곱하면 구할 수 있다. 이 방법은 클래스 내의 분산의 역이므로 이 값이 가장 크게 나오는 값을 임계값으로 사용한다. 식 (6)과 식 (7)을 이용하여 식 (8)을 도출할 수 있는데 클래스 간의 분산을 클래스 내의 분산으로 나누었을 때 값이 클수록 좋은 임계값이 된다. 이렇게 임계값을 구한 뒤 영상을 이진화 한다.

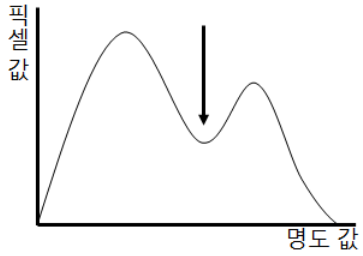


그림 9. 입력영상의 히스토그램
Fig. 9. Histogram of input image.

나. Adaptive Thresholding Algorithm

적응형 이진화는 전체 영상의 히스토그램을 이용하는 것이 아니라 영상의 일부분에 대한 히스토그램을 가지고 그 일부분만을 위한 임계값을 구하는 방법이다. 전체 영상을 $m \times m$개의 작은 영상으로 분할한 다음 각 작은 영상에 대하여 히스토그램을 조사하여 그 작은 영상에 대한 임계값 $T_{ij}(1 \leq i, j \leq m)$를 결정한다. 그림 10은 적응형 이진화 방법을 나타낸다. 이 방법은 영상에 강한 조명 또는 반사가 존재하여 밝기 값이 점진적으로 변화하는 이미지의 경우 유용하게 사용 된다.

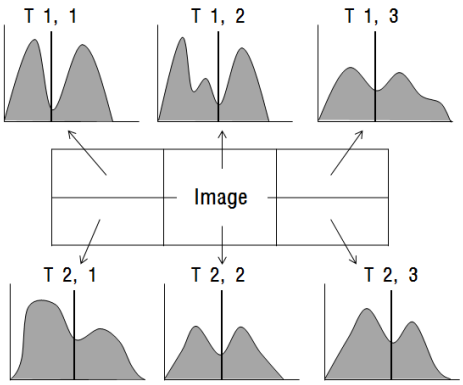


그림 10. 적응형 이진화 방법
Fig. 10. Adaptive binarization method.

다. Binarization

이진화 방법 중 가장 기본이 되는 방법으로 특정 임

계값을 기준으로 초과 값은 255로, 이하 값은 0으로 변화 시키는 방법이다. 여기에서 기준이 되는 임계값을 이전 알고리즘에서는 영상에 맞게 자동적으로 정해 주었지만, 그렇게 해도 번호판 영역을 찾지 못할 때가 발생하게 된다. 이를 위해 마지막 방법으로 임계값을 직접 정해주는 것이다. 임계값은 200 ~ 40사이의 값으로 임계값 200으로 시작하여 10씩 감소하며 임계값이 40이 되거나 차량 번호판 영역을 추출할 때까지 반복하게 된다.

(2) Labeling을 이용한 번호판 영역 추출

국내 차량의 번호판은 흰색바탕에 검정색 문자와 숫자로 이루어져 있다. 이런 번호판을 이진화하게 되면 번호판의 배경이 흰색의 화소 값 255으로 이진화되기 때문에 Labeling을 통해 255화소 값 영역의 그룹을 찾아내고, 필터링 작업을 통해 최종적으로 번호판영역을 찾아내게 된다. Labeling이란 인접한 유사 화소에 같은 번호를 붙여서 그룹을 짓는 일로서 다음과 같은 순서로 이루어진다.

< Labeling 처리과정 >

step 1 : 영상에서 검출할 화소 값(255) 까지 차례로 검사
step 2 : 이미 레이블이 붙은 화소인지 확인, 만약 아니라면 스택에 현재 좌표를 저장
step 3 : 현재 좌표를 기준으로 모든 방향을 탐색하면서 픽셀 화소가 255이면서 레이블이 안 붙은 화소를 스택에 모두 저장
step 4 : 스택의 맨 위 좌표를 받아오면서 지우고, 받아온 좌표에 레이블을 붙이고 step 3을 반복
step 5 : 스택이 비었을 때 까지 수행

이진화 된 입력 영상은 화소 값이 0또는 255로 이어져 있기 때문에 앞서 설명한 Labeling 작업을 수행하면 화소 값이 255인 영역이 모두 찾아지게 된다. 여기에는 번호판 영역 이외에도 많은 영역이 함께 검출되므로 인식을 위한 번호판 영역의 레이블을 찾는 필터링 작업을 따로 수행하여야 한다. 차량 번호판은 $520 \times 110mm$의 일정한 비율을 가지고 있기 때문에 다음의 조건을 이용하여 번호판 영역의 레이블을 찾는다.

< 번호판영역 레이블 필터링 과정 >

step 1 : 레이블의 가로 길이가 입력 영상(번호판 추적 영역) 가로 길이의 60% 이상인 레이블 제거
step 2 : 레이블의 세로 길이가 입력 영상(번호판 추적 영역) 세로 길이의 30% 이상인 레이블 제거
step 3 : 레이블의 세로 길이가 가로 길이보다 6배 이상인 레이블 제거
step 4 : 레이블의 세로 길이가 가로 길이보다 4배 이하인 레이블 제거

위의 과정 step 1, step 2는 찾아진 레이블(차량번호판 영역)의 가로, 세로 크기와 입력 영상(번호판 추적 영역)의 가로, 세로크기의 비율을 이용하여 필터링하는 과정이고, step 3과 step 4는 번호판의 가로의 길이가 세로의 길이보다 약 5배 정도 길다는 특징을 이용하여 레이블을 필터링 하는 과정이다. 필터링 작업을 통해 여러 레이블들 중에 번호판 영역의 레이블을 찾아내는데 이들이 번호판이 맞는지에 대한 검증이 필요하게 된다. 차량 번호는 7개의 숫자와 문자들로 이루어져 있기 때문에 번호판 영역에서 Labeling을 한다면 7개 이상의 레이블이 찾아지게 된다. 따라서 번호판 영역으로 찾아진 레이블 영역에서만 Labeling 작업을 한 번 더 수행한다. 하지만 이 영역에서도 Labeling 작업을 통해 차량 번호 레이블들 이외에도 다른 여러 그룹의 레이블들이 검출 된다. 따라서 아래에 제시된 step 1, step 2의 번호판 문자의 가로, 세로 길이와 번호판 자체의 가로, 세로 길이의 비율을 이용한 필터링 작업을 통해 차량 번호 레이블들만을 추출하는 작업을 수행해야 한다.

< 차량 번호 레이블 필터링 과정 >

step 1 : 차량 번호 레이블 가로 길이가 번호판 영역 레이블 가로 길이의 20% 이상인 레이블 제거
step 2 : 차량 번호 레이블 세로 길이가 번호판 영역 레이블 세로 길이의 70% 이하인 레이블 제거

그림 11은 앞서 언급되었던 영역들에 대한 설명을 위한 것이다. 입력 영상에서 버스전용 차선 인식을 통해

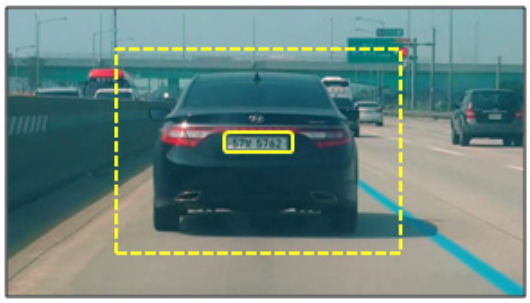


그림 11. 입력 영상에 지정되는 영역 (점선: 번호판 추적 영역, 실선: 차량 번호판 영역)
Fig. 11. Specified area on the input image. (dotted line: license plate tracking area, solid line: license plate region of the vehicle).

점선영역에 해당하는 번호판 추적 영역이 지정되고, 이 영역에서 Labeling 과정을 통해 실선 영역인 차량 번호판 영역을 찾고 검출된 번호판 영역에서 7개 이상의 숫자와 문자가 추출되면 이를 최종적으로 차량의 번호판이라 판단한다.

지금까지의 과정은 번호판 추적 영역에서 차량의 번호판 영역을 찾기 위한 작업이었으며 다음단계에서는 검출된 번호판 영역에서 차량 번호를 추출하는 작업을 진행한다.

(3) 차량 번호 추출

여기에서는 전 단계에서 찾아진 차량 번호판 영역에서 차량번호를 추출해 내기 위한 작업을 수행한다. 이전 과정에서 차량 번호를 추출했었지만 이를 템플릿 매칭에 사용하지 않는 이유는 번호판 위치 추적 영역 영상을 이진화 하였을 때 얻은 번호판의 문자보다, 번호판 영역만을 가지고 이진화 하였을 때 얻은 번호판 문자가 더욱 선명한 영상을 얻을 수 있기 때문이다. 고속도로를 주행하는 차량의 특성상 번호판에 빛 그림자가 드리워지는 경우가 많은데 이런 이미지를 이진화 하였을 때는 그림자로 인해 얻고자 하는 이미지를 얻기 어렵다. 그림 12에서 번호판에 약간의 그림자가 진 (a)를 Otsu, Adaptive, Binarization 알고리즘으로 각각 이진화한 결과를 보이고 있다. 오츠 알고리즘을 사용한 이진화 (b)는 원본 영상보다 문자가 잘리는 것을 볼 수 있고, 임계값 100으로 이진화한 (d)는 문자가 원본 이미지에 비해 얇게 나타난 것을 알 수 있다. 반면 적응형 이진화 방법을 사용한 (c)는 원본 영상과 흡사한 굵기의 문자로 이진화 된 것을 볼 수 있다. 이처럼 번호판

그림 12. 이진화 방법에 따른 결과
Fig. 12. Results of binarization.

영역의 명암대비와 그림자를 고려하고 적응형 이진화 알고리즘을 사용하면 그레이 영상의 번호판 영역을 효과적으로 이진화 할 수 있다.

이진화된 번호판 영역은 다시 Labeling과 필터링을 통해 번호판의 7개 이상 숫자와 문자를 찾아내는 작업에 사용된다. 이렇게 검출된 차량번호는 템플릿 매칭을 통해 숫자를 인식 및 구별되기 위해 각각 30×45크기의 이미지문자로 저장된다.

(4) Template Matching을 이용한 문자 인식

템플릿 매칭은 패턴 인식으로서 영상처리에서 많이 사용되는 기법으로 유사도가 가장 높은 부분을 검출 영역으로 선택하는 방법이다. 템플릿 매칭은 대상의 특징 검출이 용이하도록 드러날 필요가 없기 때문에 조명 변화나 배경의 영향을 덜 받게 되고 복잡한 환경에서도 객체검출이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 크기변화, 회전각도, 기울어짐에 민감함을 보이고 객체의 형태가 다양할 경우 평균적인 템플릿의 생성이 어려운 단점도 있다. 템플릿 매칭을 하는 방법은 비교 대상 패턴에 대한 템플릿을 미리 생성한 뒤 인식하고자 하는 패턴의 템플릿 구성 조건에 맞추는 정규화 과정을 거쳐서 상호상관 혹은 거리와 같은 유사도를 척도로 하여 패턴을 인식하는 방법이다. 본 논문에서는 템플릿 매칭 방법 중 주로 사용되는 Normalized Cross Correlation 보다 더 향상된 속도를 보이는 매칭 알고리즘인 Pearson Correlation 방식을 사용하였다. 이 알고리즘이 속도를 높일 수 있는 조건은 두 영상의 픽셀수가 같아야 한다는 것이다. 먼저 X와 Y가 각각 매칭 하고자 하는 템플릿 영역의 픽셀 스트림이라고 했을 때, 각각의 벡터에 대한 피어슨 매칭 계수 r을 구하는 개념은 다음과 같다. r은 X와 Y가 함께 변하는 정도 분의 X와 Y가 따로 변하는 정도로 $\overline{X}$ 와 $\overline{Y}$ 는 각각 X 와 Y 값의

평균값이라 할 때 식 (9), (10)을 이용하여 r을 구한다. 이러한 템플릿 매칭은 문자인식, 지문인식, 얼굴인식, 번호판인식 등에 자주 활용된다.

$$X = x_1, x_2, \ldots, x_n \text{ 일 때 } \overline{X} = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} x_n \tag{9}$$

$$r = \frac{\sum(X-\overline{X})(Y-\overline{Y})}{\sqrt{\sum(X-\overline{X})^2\sum(Y-\overline{Y})^2}} \tag{10}$$

이러한 번호판 추출과정을 통하여 30×45크기로 저장되어진 차량번호 이미지에 앞서 설명한 템플릿 매칭을 적용시켜 숫자와 문자를 인식하게 한다. 우선 차량번호 추출 과정으로 얻어진 30×45크기와 동일한 크기로 $0\sim9$의 숫자 템플릿을 생성하여 미리 저장해 놓은 뒤 추출된 차량번호 이미지를 저장된 템플릿과 식 (10)을 이용하여 하나씩 매칭을 해가며 숫자와 문자인식을 실행한다.

2. 차량 위반 여부 판별 방법

고속도로의 버스전용 차로를 이용 가능한 차량은 13인승 이상 승합차 또는 9인승 이상, 12인승 이하 승용차 및 승합차이다. 이중 9인승 이상, 12인승 이하 승용차 및 승합차는 6인 이상 승차 시에만 이용이 가능하며 13인 이상 시에는 제약조건 없이 이용이 가능하다. 본 연구에서는 버스전용 차로를 이용하는 8인승 이하 승용차의 주행가능여부 판단에 초점을 두었다. 차종별로 등록번호판의 분류기호가 다른데, 승용차의 경우 $01\sim69$, 승합차는 $70\sim79$, 화물차는 $80\sim97$, 특수자동차는 $98, 99$로 분류되어 있다. 이는 차량번호판 앞 두 자리 숫자가 자동차의 종류를 분류해 놓은 것이란 의미이다. 이런 특징을 이용하여 앞서 템플릿 매칭 과정으로 찾아진 차량번호에서 앞의 두 자리 숫자를 비교한다. 이 숫자가 $70\sim79$ 사이의 숫자가 아닐 경우 이를 버스전용 차로를 이용할 수 없는 차량으로 판단한다. 이럴 경우, 주행 중인 영상과 차량번호, GPS 정보 등의 차량정보를 V2I 네트워킹을 통해 교통 인프라에 전송한다. V2I는 차량과 교통 인프라 간의 통신으로 차량에서 수집된 교통 정보를 WAVE 통신을 이용하여 인프라 장치에 보낸 후 인터넷 또는 사설망을 통하여 최종적으로 교통정보 센터에 정보를 전달하는 시스템이다. 경부고속도로를 기준으로 봤을 때 버스전용 차로 시행시간 및 구간이 다르다. 다시 말해 승용차도 버스전용 차로를 이용 할 수 있는 시간과 구간이 있다는 것이다. 평일, 주말, 공휴일, 명절 연휴에 따라 버스전용 차로 이용시간이 다르기 때문에 시간과 구간에 따라 버스전용 차로 사용가능여부를 판별하는 것이 필요하다. 이같이 실시간으로 변하는 조건을 V2I 통신 기술을 이용하여 인프라 장치가 고속도로 주행 차량에 전송해주면 운전자는 이 정보를 이용하여 버스전용 차로의 주행 가능 여부를 판단할 수 있다.

Ⅴ. 실험 및 결과

본 연구를 위한 실험 환경은 표 3과 같다. 동영상 촬영은 스마트폰 SHV-E300S의 1300만 화소 후면 카메라를 이용하여 1280×720또는 1920×1080해상도로 고속도로를 주행 하며 진행 하였다. 고속도로의 촬영은 버스전용 차로인 1차로를 주행 중인 환경과 버스전용 차로의 오른쪽 옆 차로인 2차로를 주행 중인 환경으로 나누어 전방에 주행 중인 차량을 촬영하는 것으로 진행하였다. 이렇게 촬영된 동영상을 가지고 Visual Studio 2010 작업환경에서 Open CV 2.4.8 버전을 이용하여 이미지 프로세싱을 통해 버스전용 차로 인식과 차량 번호판 인식을 진행하였다.

표 3. 실험 장비 및 환경
Table 3. Experimental equipments and environments.

Camera	SHV-E300S 후면 카메라
Program	Open CV 2.4.8
Tool	Visual Studio 2010
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-3770 CPU @ 3.40GHz
OS	Windows7 Enterprise K 32bit

1. 버스전용 차선 검출

그림 13은 Ⅲ장에 소개된 버스전용 차선 검출 방법을 이용하여 입력 영상에서 버스전용 차선을 검출하는 과정을 나타낸 것이다. 그림 13의 (a)는 앞서 카메라를 이용하여 고속도로를 촬영한 동영상을 입력 영상으로 하여 차선 영역으로 지정될 위치를 사각형으로 표시한 것이다. 그림 13의 (b)와 (c)는 각각 왼쪽, 오른쪽에 지정된 차선 영역을 나타낸 것으로 이 영역에서 버스전용 차선 검출을 진행한다. 이를 위해 RGB색상 인식으로

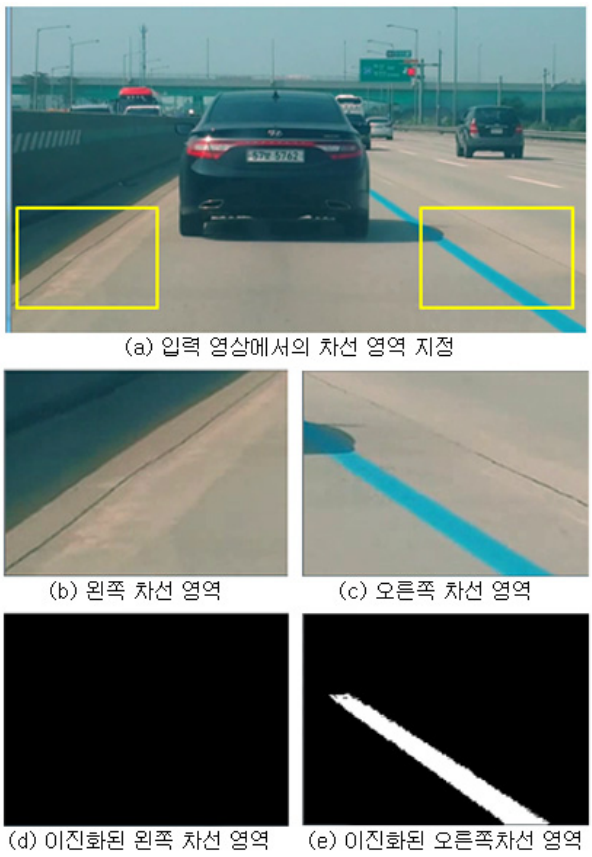


그림 13. RGB 색상 인식을 통한 차선 영역 이진화
Fig. 13. Lane area binarization through the RGB color recognition.

(b)와 (c)를 이진화한 (d), (e)를 볼 수 있다.

(b)는 파란색의 버스전용 차선이 없기 때문에 (d)와 같이 검정색의 이진영상을 얻게 되고, (c)는 파란색의 버스전용 차선이 있기 때문에 (e)와 같이 버스전용 차선 부분이 흰색으로 표시된 이진 영상을 얻게 된다. 다음은 RGB 색상 인식을 통해 이진화 된 영상에서 검출된 차선이 버스전용 차선이 맞는지에 대한 검사 작업을 진행한다. 그림 14에서 버스전용 차선의 이진 영상 (a)를 직선 검출하기 위해 전처리 과정으로 (b), (c)를 거치는 과정을 보이고 있다. 윤곽선을 추출하는 (b)의 작업을 거쳐 팽창연산을 통해 (c)와 같이 윤곽선의 두께를 조절한다. 이러한 전처리 과정을 거친 뒤 허프 변환 알고리즘을 이용해 직선을 검출한 (d)의 결과를 볼 수 있다. 이렇게 검출된 직선은 차선이외에도 여러 가지가 있을 수 있다.

검출된 직선들 중에 차선에 해당하는 직선을 찾기 위해 다음과 같은 판별 과정을 거친다. 그림 14를 보면 차

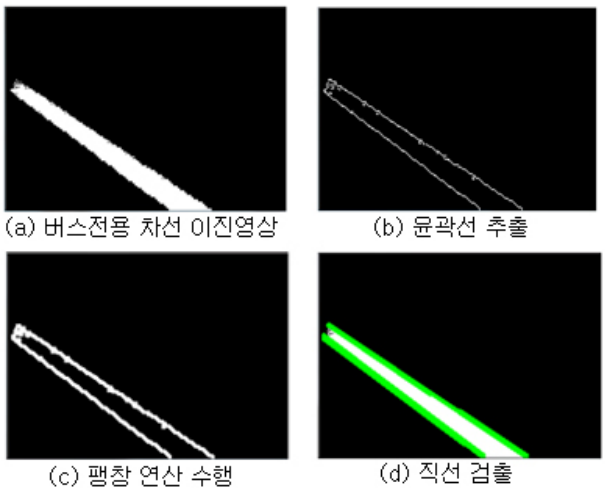


그림 14. 직선 검출 과정
Fig. 14. Process of straight line detection.

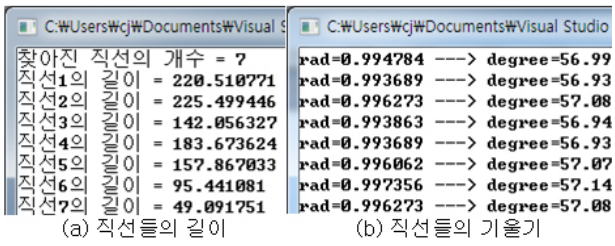


그림 15. 직선의 길이를 구한 결과
Fig. 15. Results of length of straight lines.

그림 16. 검출된 버스전용 차선과 지정된 추적영역
Fig. 16. Detected bus-only lane and the specified tracking area.

선이 지정된 영역에서 일정 길이 이상을 차지하며 일정한 기울기를 유지하고 있는 것을 볼 수 있다. 이런 특징을 이용하여 검출된 직선들의 길이와 기울기를 구한다.

그림 15의 (a)는 검출된 직선들의 개수와 길이를 나타낸 것이다. 구해진 직선들 중 길이의 조건을 만족하지 못하는 직선은 제거 된다. 직선의 조건을 만족한 선들은 그림 15의 (b)와 같이 기울기 값을 구하게 된다. Ⅲ장에서 설명한 바와 같이 차선이 왼쪽에 있을 때 기울어진 각도는 $110 \sim 130^\circ$, 오른쪽에 있을 때는 $40 \sim 60^\circ$ 사이 값이 나온다는 조건을 이용해 이를 만

족하는 직선을 최종적으로 버스전용 차선이라 판단한다. 그림 16의 (a)에서 화살표가 가리키는 흰색 선은 검출된 버스전용 차선부분을 표시한 것이고, (b)는 (a)에 의해 판단된 버스전용 차로를 이용 중인 차량 영역을 지정한 것이다. 이와 같이 입력영상의 특정 부분만 이미지 프로세싱을 통하여 버스전용 차로를 인식 하도록 한다.

2. 차량번호 인식

지정된 차량 추적 영역에서 버스전용 차로를 이용 중인 차량이 이를 이용 가능한지의 여부를 판별하기 위해 차량의 번호판을 인식하는 과정을 실험하였다. Ⅳ장에서 설명한 차량 번호 인식 알고리즘을 기반으로 수행하였다. 그림 17은 이진화 알고리즘에 따른 결과를 나타낸 것이다. 주로 사용된 이진화 방법은 Otsu와 Adaptive 알고리즘 방식으로 입력영상의 촬영 환경에 따라 각각 성능이 다른 것을 볼 수 있었다. 오츠 알고리즘 방식은 대체적으로 선명한 번호판 영역을 찾을 수 있었으며, 그림 17의 (b)에 오른쪽 그림과 같이 어두운 색상의 차량이 입력영상으로 들어왔을 때 뛰어난 성능을 보였다. 하지만 빛에 의한 그림자가 번호판에 드리워지거나 밝은 색상의 차량 입력영상에 대해서는 번호판 영역의 이진화가 선명하게 드러나지 않았다. 적응형 알고리즘 방식은 오츠 알고리즘과 반대로 그림자가 드리운 입력 영상이나 밝은 색상의 차량에 대해 선명한 번호판 영역을 드러내지만 어두운 색상의 차량이나 입력 영상에 대해서는 그림 17의 (c)에 왼쪽 그림과 같은 형태의 이진영상을 출력하는 결과를 볼 수 있다. Binarization 알고리즘은 위의 두 알고리즘을 이용해서도 번호판 영역의 선명한 이진영상을 찾아내지 못한 결과들에 대하여 임계값을 조절하여 가장 선명한 번호판 영역의 이진영상을 찾아낸다.

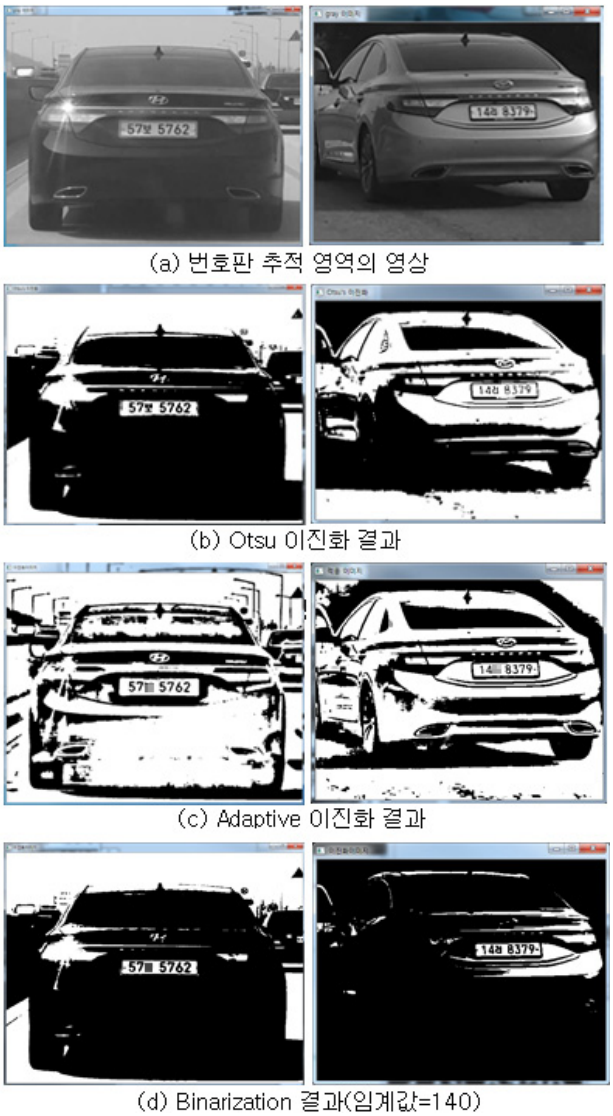


그림 17. 이진화 알고리즘에 따른 결과
Fig. 17. Results of binarization method.

다음은 이진화 알고리즘을 이용하여 얻어진 이진영상에 대해 Labeling 작업과 필터링을 거쳐 번호판 영역을 추출하는 작업을 수행한다. 그림 18에 보이듯이 번호판 추적영역인 입력영상 (a)를 이진화한 (b)에 Labeling 작업을 수행하면 (c)와 같은 결과를 보인다.

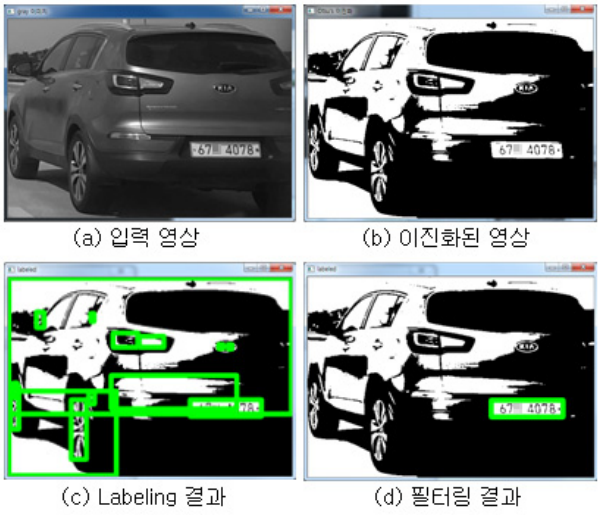


그림 18. Labeling 과 필터링을 통한 번호판 영역 추출 과정
Fig. 18. License plate area extraction process through the labeling and filtering.

그림 19. 차량번호 추출 과정
Fig. 19. Process of License number extraction.

하지만 번호판 영역 이외에도 여러 레이블들이 검출되기 때문에 Ⅳ장에서 설명한 번호판 영역 레이블 필터링 과정을 통해 (d)와 같은 결과를 얻어낸다. 이렇게 얻어낸 결과가 번호판이 맞는지에 대한 검증을 위하여 차량번호는 일곱 자리라는 조건을 이용하여 레이블 영역위에 다시 한 번 Labeling을 실행하고 7개의 레이블이 존재하는지를 따져본다. 이와 같은 방법을 이용해 최종적으로 차량번호판 영역을 찾아낸다.

다음으로 찾아진 번호판 영역에 대해 차량번호를 추출하는 작업을 수행한다. 그림 19는 차량번호를 추출하는 과정을 나타낸 것이다. 번호판 영역 (a)를 적응형 이진화 시킨 (b)에 Labeling 작업을 통하여 (c)와 같이 255화소 값으로 이루어진 그룹을 찾아내고, 필터링 작업을 통하여 최종적으로 (d)와 같이 차량번호 일곱 자리를 찾아낸다. 이렇게 인식된 차량번호는 템플릿 매칭을 통해 숫자를 구별해 내기 위하여 30×45크기로 저장 된다. 추출된 차량번호영상을 템플릿 매칭을 이용하여 문자와 숫자로 인식하는 과정을 통해 최종적으로 차량의 번호를 인식하는데, 표 4에 보이는 템플릿들을 이용하여 카메라로 획득한 차량번호 이미지와 매칭을 실시한다. 그림 20에 템플릿 매칭을 통한 10개의 차량 번호 인식 결과가 나타나 있다. 모든 결과가 차량번호판 인식이 적절하게 이루어 졌음을 보이고 있다.

표 5는 버스전용 차선 인식과 차량 번호판 인식을 실행한 결과이다. 차선 인식을 통해 버스전용 차로를 찾게 되고, 버스전용 차로 (1차로)를 주행 중일 때는 정면의 차량을 인식하고 버스전용 차로의 오른쪽 옆 차로

표 4. 숫자 코드표
Table 4. Numeric code table.

숫자코드표										
숫자	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
코드	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

그림 20. Template Matching을 이용한 번호 인식 결과
Fig. 20. Recognition results of numbers using the template matching.

(2차로)를 주행 중일 때는 왼쪽 측면의 차량을 인식한 영상으로 차량번호판 인식을 수행하였다. 실험결과는 정면과 측면의 차량을 촬영한 영상으로 구분되며 차량의 버스전용 차로이용 가능 여부와 사용된 이진화 알고리즘, 번호판 인식여부로 나타냈다. 정면의 차량을 촬영한 영상은 100% 인식률의 결과를 보였다. 반면에 측면의 차량을 촬영한 영상에서는 92.8%의 인식률로서 종종 차량의 번호판 영역을 찾지 못하는 경우가 발생했다. 이러한 결과가 나타나는 이유는 측면의 차량이 정면의 차량보다 상대적으로 멀리 떨어져 있기 때문에 정면의 차량 영상보다 차량 번호판 부분이 선명하지 못한 영상이 획득된 것에 기인한 것으로 보인다.

표 6은 날씨와 시간에 따라 다른 조도의 다양한 경우에 본 연구에 제안된 차량 번호 인식 알고리즘을 적용한 결과이다. 데이터 수집을 위해 실험을 진행한 시간은 하계를 기준으로 오전 6 ~ 7시, 오후 12 ~ 1시, 저녁 6 ~ 7시였으며 날씨는 맑음, 흐림, 비의 세 가지 경우에 대하여 조도 변화량을 측정하였고 이에 따른 버스전용 차선 인식과 번호판 인식 알고리즘을 테스트 하였

표 5. 버스전용 차로의 차량 번호판 인식 결과
Table 5. Results of license plate recognition of vehicles on the bus-only lane. (○: 주행가능, ×: 주행 불가능)

구분	차량 번호	사용한 이진화 알고리즘	번호 인식	버스전용 차선 이용 가능 여부
정면 전방	76○ 5725	Otsu	○	○
	30○ 5192	Otsu	○	×
	52○ 5762	Otsu	○	×
	28○ 8993	Otsu	○	×
	12○ 4783	Otsu	○	×
	39○ 3914	Otsu	○	×
	28○ 3717	Adaptive	○	×
	29○ 7793	Adaptive	○	×
	16○ 3961	Adaptive	○	×
	68○ 8023	Otsu	○	×
	33○ 1771	Binarization	○	×
	20○ 2063	Adaptive	○	×
	18○ 5873	Adaptive	○	×
	24○ 2063	Adaptive	○	×
측면 전방	72○ 2063	Otsu	○	○
	70○ 6811	Otsu	○	○
	62○ 4365	Otsu	○	×
	37○ 7370	Adaptive	○	×
	40○ 5485	Otsu	○	×
	37○ 7330	Binarization	○	×
	20○ 4769	Adaptive	○	×
	18○ 8391	Otsu	○	×
	18○ 6572	Otsu	×	×
	14○ 8379	Adaptive	○	×
	12○ 6360	Otsu	○	×
	49○ 3682	Otsu	○	×
	67○ 3031	Binarization	○	×
	56○ 8371	Binarization	○	×
	25○ 5327	Otsu	○	×
	63○ 5217	Otsu	○	×
	22○ 9592	Binarization	○	×
	05○ 9567	Binarization	○	×
	53○ 8770	Binarization	○	×
	26○ 7297	Adaptive	×	×
	24○ 8598	Otsu	○	×
	61○ 8284	Otsu	○	×
	23○ 1319	Binarization	○	×
	13○ 9264	Otsu	○	×
	27○ 2987	Adaptive	○	×
	66○ 5598	Otsu	○	×
	31○ 3176	Otsu	○	×
	37○ 6539	Otsu	○	×
	22○ 9730	Adaptive	○	×
	47○ 7862	Adaptive	○	×
	50○ 8952	Otsu	○	×
	42○ 1227	Otsu	○	×
	22○ 6026	Otsu	○	×
	87○ 4984	Otsu	×	×
	26○ 4325	Otsu	○	×
	33○ 1757	Otsu	○	×
	28○ 8380	Otsu	○	×
	29○ 7315	Otsu	○	×
	37○ 5898	Adaptive	○	×
	67○ 4078	Adaptive	○	×
	90○ 4142	Binarization	○	×
	91○ 7023	Otsu	○	×

다. 표 6은 날씨와 시간대에 따라 정면전방, 측면전방에서 운행하는 각각 15대의 차량에 대해 실험에 적용한 결과이며 번호판 인식 가능여부를 ○와 ×로 표시 하였다. 실험 결과에 따르면 날씨와 조도 변화량에 크게 영향을 받지 않고 차량 번호가 인식되는 결과를 볼 수 있으며 인식이 불가능한 경우는 표 5의 경우와 같이 측면 차량의 차량 번호판 영상 획득 시 흔들림이 있었거나 부분적으로 선명하지 못한 데이터 또는 낮은 조도에 기인한 것으로 보인다. 또한 비가 오는 날에는 떨어지는 빗방울에 의해 촬영되는 물체가 왜곡되어 보이는 현상과 함께 전체적으로 영상이 뿌옇게 촬영되는 경우가 있어 맑은 날이나 흐린 날에 비해 상대적으로 낮은 인식률을 보였다.

표 6. 날씨와 시간대(조도)에 따른 차량번호판 인식결과
Table 6. Vehicle's license plate recognition results depending on the weather and time (lightness). (○: 인식성공, ×: 인식실패)

날씨	구분	오전	인식 여부	오후	인식 여부	저녁	인식 여부
맑음	정면 전방	12○ 1405	○	23○ 7846	○	18○ 4174	○
		56○ 2725	○	68○ 2948	○	43○ 8905	○
		27○ 3927	○	13○ 2983	○	66○ 9537	○
		46○ 5332	○	14○ 7511	○	33○ 9460	○
		31○ 2779	○	25○ 6490	○	31○ 6839	○
		14○ 2607	○	20○ 8227	○	34○ 4915	○
		14○ 3327	○	41○ 9433	○	63○ 9148	○
		77○ 9701	○	24○ 3095	○	66○ 8390	○
		82○ 9150	○	17○ 1056	○	57○ 5281	○
		31○ 8134	○	68○ 4487	○	26○ 9111	○
		49○ 2172	○	56○ 6943	○	25○ 5037	○
		63○ 8213	○	14○ 1095	○	33○ 2579	○
		64○ 5486	○	55○ 8237	○	66○ 7299	○
		56○ 5117	○	64○ 9003	○	47○ 4800	×
		02○ 5987	○	53○ 2389	○	53○ 7949	○
	측면 전방	85○ 8859	○	35○ 8637	○	27○ 3100	○
		96○ 4742	×	18○ 8008	○	41○ 3993	○

		49○ 2062	○	36○ 3994	○	19○ 3504	○
		58○ 6460	○	22○ 8903	○	24○ 8054	×
		22○ 7230	○	45○ 1873	○	51○ 6575	○
		51○ 6998	○	11○ 7977	○	30○ 4043	○
		62○ 5136	○	41○ 3985	○	65○ 8725	○
		55○ 2423	○	65○ 8264	○	15○ 6404	○
		37○ 2801	○	14○ 1319	○	57○ 1547	○
		49○ 5548	○	47○ 4530	○	69○ 2840	○
		46○ 4569	○	66○ 3010	○	40○ 1234	○
		11○ 5956	○	67○ 5036	○	38○ 7908	○
		26○ 1895	○	77○ 9853	○	12○ 8677	○
		62○ 4779	○	30○ 9957	○	27○ 7187	○
		70○ 4166	○	66○ 1256	○	27○ 6161	○
흐림		42○ 1452	○	38○ 8124	○	13○ 7223	○
		49○ 1522	○	23○ 5187	○	22○ 4773	○
		47○ 7358	○	36○ 3292	○	49○ 9596	○
		29○ 1480	○	13○ 9669	○	72○ 7580	○
		14○ 8166	○	48○ 7031	○	47○ 3479	○
		23○ 3442	○	14○ 7022	○	28○ 6945	○
		45○ 3735	○	79○ 2215	○	71○ 5396	○
	정 면 전방	53○ 5350	○	50○ 9492	○	14○ 7909	○
		69○ 2041	○	22○ 7871	○	41○ 9738	○
		85○ 6393	○	26○ 3096	○	63○ 7760	×
		11○ 0951	○	12○ 5832	○	64○ 7802	○
		82○ 1721	○	33○ 9136	○	91○ 3891	○
		86○ 5711	○	46○ 1954	○	41○ 7991	○
		23○ 5784	○	15○ 3762	○	47○ 5133	○
		62○ 5829	○	66○ 1139	○	22○ 6309	○
		31○ 5729	○	61○ 7273	○	11○ 1192	○
	측 면 전방	54○ 7881	○	54○ 6701	○	37○ 6913	○
		61○ 9061	×	54○ 9311	○	18○ 8699	○

		19○ 8207	○	38○ 2809	○	68○ 1093	○
		62○ 9037	○	23○ 2810	○	66○ 7845	○
		28○ 9740	○	53○ 6378	○	45○ 8856	○
		12○ 7355	○	68○ 5201	○	26○ 9761	○
		17○ 3078	○	20○ 7426	○	74○ 4568	○
		66○ 1534	○	69○ 8077	○	64○ 6975	○
		83○ 3382	○	29○ 3035	×	47○ 5695	○
		57○ 9216	○	38○ 8275	○	68○ 6633	○
		68○ 7838	○	24○ 4555	○	33○ 4660	×
		37○ 6743	○	22○ 8538	○	43○ 5097	○
		97○ 7805	○	56○ 7925	○	72○ 2972	○
		70○ 1477	○	13○ 9134	○	79○ 7456	○
비		14○ 1218	○	63○ 6373	○	35○ 8867	○
		16○ 8843	○	33○ 2643	○	53○ 6448	×
		43○ 9498	○	14○ 7596	○	47○ 8643	○
		14○ 8685	○	31○ 7403	○	19○ 7465	○
		27○ 9182	○	68○ 5948	○	34○ 7916	○
		18○ 1804	○	51○ 9724	○	66○ 1074	○
		69○ 2827	○	18○ 8215	○	33○ 5627	○
	정 면 전방	16○ 5748	○	34○ 1296	○	58○ 5449	○
		32○ 9828	×	28○ 7885	○	17○ 7163	○
		41○ 2346	○	67○ 3399	○	20○ 6852	○
		33○ 7985	○	28○ 7802	○	82○ 5392	○
		73○ 6099	○	45○ 8398	○	24○ 8855	○
		55○ 8864	○	25○ 4789	×	66○ 6337	○
		25○ 8060	○	24○ 6665	○	09○ 6495	○
		35○ 5328	○	28○ 5518	○	69○ 3886	○
		62○ 9065	×	63○ 6936	○	23○ 8373	○
	측 면 전방	11○ 5310	×	24○ 3400	○	51○ 7142	○
		58○ 1887	○	37○ 9512	○	82○ 3069	×
		63○	○	60○	○	91○	○

		9420		2423		7862	
		53○ 7986	○	18○ 1239	○	60○ 4890	○
		34○ 3907	○	25○ 9760	○	53○ 9120	○
		59○ 5763	○	26○ 6558	○	41○ 1461	○
		35○ 6747	○	49○ 9781	○	19○ 2574	○
		11○ 7281	○	49○ 9054	○	69○ 5003	○
		50○ 9622	○	59○ 4427	○	63○ 2961	○
		16○ 9287	○	40○ 2177	×	03○ 8345	○
		55○ 3908	○	52○ 5932	○	36○ 7737	○
		63○ 7223	○	68○ 2901	○	26○ 4041	×
		40○ 8249	○	50○ 3311	○	69○ 2202	×
		15○ 9102	○	27○ 3215	×	55○ 8924	○

표 7. 날씨와 시간대(조도)에 따른 차량 번호판 인식률

Table 7. Recognition rate of vehicle's license plates depending on the weather and time (lightness).

날씨			오전	오후	저녁
맑음	조도 (lux)		8000~10000	10000 이상	4000~7500
	인식률	정면	100%	100%	93%
		측면	93%	100%	93%
흐림	조도 (lux)		4000~7500	8000~10000 이상	2500~6500
	인식률	정면	100%	100%	93%
		측면	93%	93%	93%
비	조도 (lux)		1500~5000	6500~9500	500~2500
	인식률	정면	93%	93%	93%
		측면	87%	87%	80%

표 7은 표 6의 날씨와 시간에 따른 빛의 양(lux)과 번호판 인식률을 나타낸 것이다. 이는 날씨와 시간에 따라 앞서 가는 차량의 정면과 측면 후방에서 획득한 번호판 영상을 인식한 결과를 보이고 있는데 맑고 흐린 날씨에서는 조도가 높은 시간대에 (오전, 오후) 정면과 측면 주행 차량의 번호판에 대해 93% 이상 최대 100%의 인식률을 보이고 있고 같은 날씨의 저녁 시간대에는 93%의 인식률을 보이고 있다. 이는 조도가 낮으면서 흔들리는 차량의 측면에서 번호판 영상을 취득한 자료 때문인 것으로 판단된다.

비가 오는 악천후에서는 조도 또한 매우 낮은데 오전과 오후에 정면과 측면에서 획득한 번호판 자료 영상의 인식률은 각각 93%와 87% 이상을 보이고 있고 저녁 시간대에 측면에서 얻은 자료에 대한 인식률은 80%를 보이고 있다. 이 실험을 위해 획득한 번호판 영상 자료 중에는 고속도로에서 100km 이상 고속으로 달리면서 전방의 차량에 대해 정면과 측면 후방에서 획득한 자료들이 많으며 차선 변경과 또한 심한 흔들림으로 인해 명확하지 않은 번호판 입력 영상 등이 포함되어 있어 이런 경우 적절히 인식되지 못한 결과를 낸 것으로 판단되며 대부분의 높은 조도에서 선명하게 찍힌 자료 영상들에 대해서는 높은 인식률을 보였다.

VI. 결 론

본 논문에서는 C-ITS 환경의 고속도로 상에서 버스 전용 차로 인식 및 주행차량 관리통제 방법에 대하여 연구하고 그 결과에 대해 서술하였다. 본 연구는 기존의 고정된 지역에서 감시카메라를 이용한 단속이 아닌, 주행 중인 차안에 설치된 블랙박스나 카메라와 같은 저가의 촬영 장비를 이용하여 실시간 이동하며 단속하는 환경을 고려하였다. 이러한 환경을 위해 버스전용 차선 인식과 차량번호판 인식 알고리즘을 이용하였는데, 버스전용 차선 인식은 관심영역(ROI)을 설정해 줌으로써 ROI에서만 영상처리를 실행하여 작업 수행 시간을 줄였고, 또한 ROI상에서의 차선은 일정한 길이와 기울기를 가지고 있다는 특성을 이용하여 최종 판별하였다. 차량번호판 인식은 차량의 주행 특성 상 환경적인 요인의 변화에 맞추어 번호판을 인식할 수 있도록 하는 적응적인 이진화 알고리즘을 사용하였고 전방 차량뿐만 아니라 전방 양 측면까지도 차량의 번호판을 인식할 수 있도록 하였다. 최종적으로 인식된 차량번호는 용도별 분류기호인 앞 두 자리를 이용하여 버스전용 차선 주행 위반여부를 판별하게 된다. 제안된 버스전용 차로 단속 방법은 기존의 고정된 단속카메라를 피해가며 무리하게 차선을 변경하는 난폭 운전자에 대한 단속을 강화 할 수 있으며, 이런 운전자에 의한 사고를 예방할 수 있어 쾌적한 교통 환경을 만들 수 있을 것으로 예상한다. 향후 V2I 통신의 WAVE 통신 기술을 이용하여 효율적으로 앞서의 단속된 정보를 주고받을 수 있는 방법에 대한 연구를 진행할 계획이다.

REFERENCES

[1] Zhang, Yan, et al. “Cognitive machine-to-machine communications: visions and potentials for the smart grid,” IEEE Networks, Vol. 26, No. 3, pp. 6-13, 2012.
[2] Kim, Jaewoo, Jaiyong Lee, and J. Yun. “M2M service platforms: survey, issues, and enabling technologies,” IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 16, No. 1, pp. 61-76, 2014.
[3] Severi, Stefano, et al. “M2M technologies: Enablers for a pervasive Internet of Things,” 2014 European Conference on Networks and Communications (EuCNC), pp. 1-5, Bologna, June 2014.
[4] Singh, Dhananjay, Gaurav Tripathi, and Antonio J. Jara. “A survey of Internet-of-Things: Future vision, architecture, challenges and services,” 2014 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT), pp. 287-292, Seoul, Korea, March 2014.
[5] Tan, Jasper, and Simon GM Koo. “A Survey of Technologies in Internet of Things,” 2014 IEEE International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS), pp. 269-274, Marina Del Rey, USA, May 2014.
[6] d'Orey, Pedro M., and Michel Ferreira. “ITS for Sustainable Mobility: A Survey on Applications and Impact Assessment Tools,” IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 15, No. 2, pp. 477-493, 2014.
[7] Billot, Romain, et al. “Can C-ITS lead to the Emergence of Traffic Management 2.0,” 2014 IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), pp. 483-488, Qingdao, China, October 2014.
[8] Jiang, Daniel, and Luca Delgrossi. “IEEE 802.11 p: Towards an international standard for wireless access in vehicular environments,” 2008 Vehicular Technology Conference, pp. 2036-2040, Singapore, May 2008.
[9] Barrachina, Javier, et al. “V2X-d: a Vehicular Density Estimation System that combines V2V and V2I Communications,” 2013 IFIP Wireless Days (WD), pp. 1-6, Valencia, November 2013.
[10] L. Conde Bento, R. Parafita, S. Santos, and U. Nunes, “Intelligent traffic management at intersections: Legacy mode for vehicles not equipped with v2v and v2i communications,” 2013 16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), pp. 726-731, October 2013.
[11] Tan, Lu, and Neng Wang. “Future internet: The internet of things,” 2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), Vol. 5, pp. V5-376-V5-380, 2010.
[12] Xu, Boyi, et al. “Ubiquitous data accessing method in IoT-based information system for emergency medical services,” IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 10, No. 2, pp. 1578-1586, 2014.
[13] Lee, Meonghun, Jeonghwan Hwang, and Hyun Yoe. “Agricultural Production System Based on IoT,” 2013 IEEE 16th International Conference on Computational Science and Engineering (CSE), pp. 833-837, Sydney, December 2013.
[14] Cho, Woong, et al. “Realization of anti-collision warning application using v2v communication,” Proceedings of the IEEE Vehicular Networking Conference (VNC 2009), pp. 1-5, October 2009.
[15] Dang, Ruina, et al. “A lane change warning system based on V2V communication,” 2014 IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), pp. 1923-1928, Qingdao, China, October 2014.
[16] Huang, Chung-Ming, et al. “A collision pre-warning algorithm based on V2V communication,” Proceedings of the 4th International Conference on Ubiquitous Information Technologies & Applications, pp. 1-6, Fukuoka, Japan, December 2009.
[17] Oh, Hyunseo, “Development situation of vehicle to vehicle communication,” Journal of Korean Institute of Communication Sciences, Vol. 29, No. 2, pp. 11-16, January 2012.
[18] Oh, Hyun Seo, et al. “Performance analysis of Vehicle Multi-hop Communication (VMC) technology,” IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, pp. 354-358, Columbus, USA, September 2008.
[19] Lee, Soyoung, et al. “Trend and issue on technique and standardization of WAVE system,”Summer Conference of IEIE, pp. 849-851, June 2012.
[20] Jeon, Haenam, Jeong, Jongpil, “Design and Performance Analysis of u-TSMVPN for Intelligent Transportation Systems,” Journal of IEIE, Vol. 50, No. 9, pp. 32-45, September 2013.
[21] Hong, Wonju, Kim, Minwoo, and Oh, Il-Seok,

"Learning-based Detection of License Plate using SIFT and Neural Network," Journal of IEIE, Vol. 50, No. 8, pp. 187-195, August 2013.
[22] Hong, Sungeun, Hwang, Sungsoo, and Kim, Seongdae, "A License Plate Recognition System Robust to Vehicle Location and Viewing Angle," Journal of IEIE, Vol. 49, No. 12, pp. 113-123, December 2012.
[23] Bae, Chansu, Lee, Jonghwa, and Cho, Sangbok, "Lane Detection Algorithm using Morphology and Color Information," Journal of IEIE, Vol. 48, No. 6, pp. 15-24, June 2011.
[24] Lim, Donghyeok, Tran, Trung-Thien, and Cho, Sangbok, "Robust Lane Detection Method Under Severe Environment," Journal of IEIE, Vol. 50, No. 5, pp. 224-230, May 2013.
[25] Hough, Paul VC. "Method and means for recognizing complex patterns," U.S. Patent No. 3,069,654. 18, December 1962.
[26] Illingworth, John, and Josef Kittler. "A survey of the Hough transform," Computer vision, graphics, and image processing, Vol. 44, No. 1, pp. 87-116, 1988.
[27] Liu, Dongju, and Jian Yu. "Otsu method and K-means," 9th International Conference on Hybrid Intelligent Systems, Vol. 1, pp. 344-349, 2009.

저 자 소 개

임 창 재(학생회원)
2014년 단국대학교 멀티미디어 공학과 학사 졸업.
2014년 단국대학교 대학원 컴퓨터학과 석사 재학 중.

<주관심분야 : Image Processing, Mobile Platform, Mobile Multimedia Processing, M2M(Machine to Machine), IoT(Internet of Things)>

김 대 원(정회원)-교신저자
1993년 중앙대학교 공과대학 전자공학과 학사 졸업.
1996년 University of Southern California, Electrical and Computer Engineering, M.S.
2002년 Iowa State University, Electrical and Computer Engineering, Ph. D.
현재 단국대학교 멀티미디어공학과 부교수
<주관심분야 : Digital Multimedia Data Processing, Mobile Platform, Application S/W, Non-Destructive Evaluation, Ultrasonic Signal Processing, Source Localization>