

논문 2011-06-02

적응형 헤드 램프 컨트롤을 위한 야간 차량 인식

(Vehicle Detection for Adaptive Head-Lamp Control of Night Vision System)

김현구, 정호열, 박주현*
(Hyun-Koo Kim, Ho-Youl Jung, Ju H. Park*)

Abstract : This paper presents an effective method for detecting vehicles in front of the camera-assisted car during nighttime driving. The proposed method detects vehicles based on detecting vehicle headlights and taillights using techniques of image segmentation and clustering. First, in order to effectively extract spotlight of interest, a pre-signal-processing process based on camera lens filter and labeling method is applied on road-scene images. Second, to spatial clustering vehicle of detecting lamps, a grouping process use light tracking method and locating vehicle lighting patterns. For simulation, we are implemented through Da-vinci 7437 DSP board with visible light mono-camera and tested it in urban and rural roads. Through the test, classification performances are above 89% of precision rate and 94% of recall rate evaluated on real-time environment.

Keywords : Adaptive front lighting system, Shape filter, Kalman filter, Nighttime vehicle detection

1. 서론

최근, 국내외 자동차 유명 자동차 업체들과 여러 연구 기관들은 차량 주행 시 운전자와 승객의 안전 및 편의를 증진시키기 위해 다양한 미래형 자동차(Intelligent Vehicle) 지능화 연구를 수행 하고 있다. 특히 자동차 스스로 도로 주행 환경을 인식 하여 운전자의 운전 능력을 돕거나, 대신하기 위한 연구가 ITS(Intelligent Transportation System)의 한 연구 분야로 자리 잡게 되면서 연구의 활기를 띄기 시작 했다[1]. 2004년 교통사고 발생을 주/야 별로 살펴보면 주간에는 131,634건이 발생하여 전체의 59.6% 이고, 야간에는 89,121건이 발생하여 전체의 40.4% 에 이르러 사고발생은 주간에 많았으나 치사율 면에 있어서는 주간이 2.5%인데 반하여 야간은 3.6% 로 더 높은 것으로 분석되고 있어 야간 교통사고에 대한 주의가 더욱 필요하다.

* 교신저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2010. 09. 24., 수정일 : 2010. 10. 19.,
채택확정 : 2010. 12. 08.

김현구, 정호열 : 영남대학교 정보통신학과

박주현 : 영남대학교 전기공학과

자동차 전조등(Headlamp)에는 백열 전조등, 할로겐 전조등, 가스 방전식 전조등이 있는데 백열 전조등의 경우 전구의 수명이 짧고 전조등의 조명에 한계가 있어서 1970년대 이전에는 사용하였으나 오늘날에는 거의 사용하지 않는다. 그리고 할로겐 전조등의 경우 빛의 확산 각이 넓어 시야 확보가 용이하고 램프의 소형화가 가능하여 대부분의 차량에 적용되어 왔다. 가스 방전식 전조등은 HID 전조등이라고 불리며, 1991년 보쉬가 처음으로 채택하였으며 수명이 길고 빛의 확산성이 우수하여 현재 고급 승용차에 장착하고 있는 실정이다. 가스 방전식 전조등은 기존의 할로겐 전조등 보다 소비전력이 30% 감소되고, 발광량이 2.5배 이상 상대적으로 밝기 때문에 대향차 운전자의 눈부심을 예방하기 위하여 자동차 전조등에 대한 이해와 성능 개선 및 운전자의 시계확보를 위한 기술적 연구가 필요하다.

현재의 전조등은 빛의 조사방향이 일정하게 고정되어 있기 때문에 운전자는 변화되는 도로의 환경에 능동적으로 대처하기 힘들다. 따라서 다양한 도로환경에 적합하도록 전조등의 빛이 변화되는 AFLS (Adaptive Front Lighting System: 가변 조명 시스템)가 연구되고 있다.



그림 1. AFLS 개념도

Fig. 1. Adaptive front lighting system

AFLS란 <그림1>와 같이 전조등의 변환 범이 도로 및 사용조건에 따라 자동적으로 변환시킬 수 있는 서로 다른 모드(일반모드, 시가지 모드, 고속도로 모드, 젖은 도로 모드, 곡선 도로 모드)가 포함된 시스템을 의미한다. 현재 유럽 및 일본에서 생산되는 일부 차종에서 Semi AFLS(곡선 도로 모드 중심으로 구현)가 적용되어 판매되고 있고, Full AFLS(모든 모드 포함)은 현재 기술적, 법규적으로 많은 연구가 진행되고 있다 [2, 3].

본 논문에서는 AFLS 기능 중 야간 주행 시 전방 차량 감지 센서인 카메라를 통해 교통 상황을 인지하여 자동차의 전조등을 위, 아래로 자동 전환하여 운전자 시야를 확보하는 적응형 전조등 제어 시스템(AHBA : Adaptive Head-lamp Assistance System)을 위해 야간에 전방 차량(선행/대향 차량)을 탐지하는 방법을 제안한다. 또한 실제 도로에서 주행 중 녹화한 야간 영상을 수집하여 본 논문에서 제안한 야간 전방 차량 탐지 실험을 수행한다.

II. 시스템 구성

본 연구에서 제안하는 전방 차량 검출 방법은 차량의 야간 주행 환경에 한정하여 적용될 수 있다. <그림 2>는 본 연구에서 제안하는 야간 전방 차량 검출 시스템의 전체 구성도 이다. 야간 영상에서 자동차의 전조등과 후미등을 두드러지게 구분하기 위해 가시광 영역 중 600 nm 에서 720 nm 까지 추출 하는 컷오프 카메라 필터를 제작하여 실험에 사용한다. 그리고 컷오프 필터를 통과한 영상에 총 네 단계의 영상 처리 과정 즉, 수평선 위치 계산을 통한 영상 관심 영역 설정 과정, 영상 이진화와 라벨링 방법을 통한 차량 후보 광원 추출 과정, 형태학

필터와 추적 방법을 이용한 도로 반사체 제거 과정, 그룹화 방법을 통한 차량 탐지 과정을 수행한다.

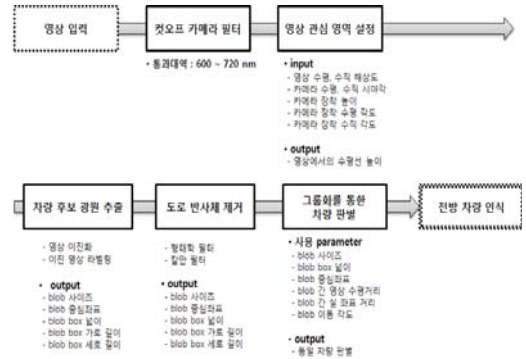


그림 2. 야간 환경의 전방 차량 검출 시스템 구성도

Fig. 2. Nighttime vehicle detection algorithm

먼저 야간 영상 인식을 수행하기 위해 컷오프 카메라 필터를 부착한 컬러 카메라를 통해 영상을 획득한다. 그리고 입력받은 영상에서 차량 검출 관심영역(ROI : Region Of Interest)을 선정하기 위해서 카메라의 장착 높이, 카메라 장착 각도, 카메라 시야각을 이용하여 수평선을 계산한다. 차량 검출 관심영역 안의 영상에 임의의 임계값(threshold)을 적용하여 차량 후보 광원을 추출(이진화)한 후 라벨링 단계를 거친다. 라벨링 처리 후 추출된 차량 후보 광원인 이미지 블로브(blob: binary large object)들의 형태와 이동 경로의 정보를 이용하여 도로 반사체(reflector)들을 제거한다. 반사체가 제거된 블로브들 간의 영상 좌표상의 벡터 값(거리 및 각도)과 변환된 실제 거리등의 정보를 이용하여 블로브를 그룹화 한 후 차량으로 탐지한다.

III. 차량 특징 추출

1. 컷오프 카메라 필터

야간에 도로상의 차량은 전조등과 후미등은 차량의 모델에 따라 종류와 형태가 다양하기 때문에 비전 시스템을 이용하여 주변 차량을 탐지하고 차량까지의 거리 측정이 어렵다. 주간에는 차량의 모습이 완전하지만 야간에는 어둠으로 인하여 차량이 가까이 위치하지 않을 시에는 차량의 전조등이나 후미등 외에는 차량을 구별할 수 있는 특징이 없기 때문에 본 연구에서는 카메라 영상에서 차량의 전

조등이나 후미등을 좀더 두드러지게 나타내는 카메라 필터를 사용하였다.

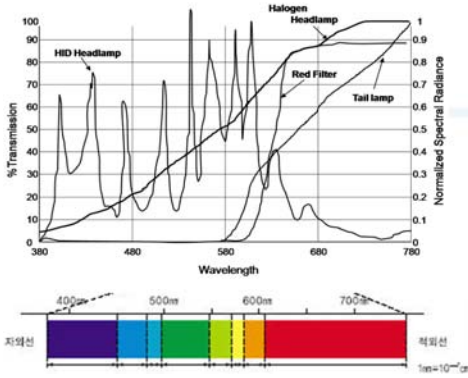


그림 3. 차량용 램프의 파장 특성

Fig. 3. Wave-characteristics of vehicle lamps

<그림 3> 은 차량용 램프의 파장 특성을 나타내는 그래프이다. HID 전조등은 380 nm에서 620 nm까지, 할로겐 전조등은 600 nm 에서 780 nm 까지, 후미등은 700 nm 에서 780 nm 까지 대역에서 두드러지게 나타난다. 따라서 본 연구에서는 차량의 후미등과 전조등을 인식 하기 위해 가시광 영역 중 600 nm 에서 720 nm 까지를 추출 하는 카메라 렌즈 필터를 제작하여 실험에 사용하였다.



그림4. 실험에 사용한 영상

Fig. 4. Experimental images

2. 영상 관심영역 설정

카메라를 통해 얻은 영상에서 차량을 검출하기 위한 관심 영역과 수평선 위쪽 배경 영역을 구분하기 위해서는 영상에서의 수평선 좌표를 알아야 한다. 이를 위해 카메라의 heading 각도, 카메라 장착 높이, 카메라 시야각의 정보를 이용하여 역 투영 연산(IPM: Inverse Perspective Mapping)을 통하여 영상에서의 수평선 좌표를 계산한다[4]. 연산된 좌표를 이용하여 수평선 이하의 영역을 검출 영역으로 설정하여 차량 이외의 잡음 요소를 검출하는 범위를 제한한다.

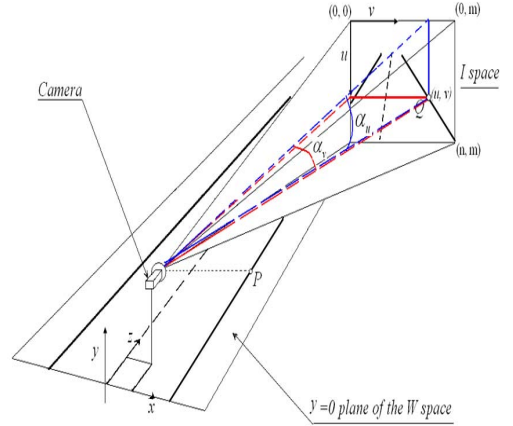


그림 5. 영상좌표계와 실좌표계의 관계

Fig. 5. Relationship between image space and world space.

표 1. 카메라 센서와 영상의 정보

Table 1. informations of camera and image

구분	심볼	값
영상의 수평 해상도	m	640
영상의 수직 해상도	n	480
카메라 수평 시야각	α_u	26°
카메라 수직 시야각	α_v	19.5°
장착된 카메라 수평 각도	τ	0°
장착된 카메라 수직 각도	θ	4.009°
카메라 장착 높이	H	1.27 m

영상의 정보와 카메라 정보가 <표 1>과 같다면 영상 좌표계에서 점 (u, v) 는 식(1, 2)를 통해 실좌표계에서 점 (X, Z) 로 변환된다.

$$X = \frac{h \times \sin\left(\gamma - \alpha_v + v \frac{2\alpha_v}{m-1}\right)}{\tan\left(\theta - \alpha_u + u \frac{2\alpha_u}{n-1}\right)} \tag{1}$$

$$Z = \frac{h \times \cos\left(\gamma - \alpha_v + v \frac{2\alpha_v}{m-1}\right)}{\tan\left(\theta - \alpha_u + u \frac{2\alpha_u}{n-1}\right)} \tag{2}$$

$$\tan\left(\theta - \alpha_u\right) + u \frac{2\alpha_u}{n-1} \quad (3)$$

이때 수평선은 실좌표계에서 Z 가 무한대(∞)의 값을 가지므로 영상 좌표에서 수평선의 u 좌표는 식(2)에서 Z 가 최대를 갖는 값을 구하면 된다. 식(2)에서 Z 가 최대가 되려면 식(2)의 분모가 최소가 되어야 하므로, 식(3)이 최소가 되는 u 값을 구하면 수평선의 영상좌표에서의 높이 값을 구할 수 있다.

<그림 6>은 <표 1>의 정보를 사용하여 수평선의 높이를 계산하여 화면에 출력시킨 결과이다.



그림 6. 수평선 연산 결과

Fig. 6. Horizontal line in image

3. 차량 후보 광원을 추출

영상의 이진화는 문자 인식, 영상 분석 등 다양한 영상 처리 분야의 전처리 과정으로 자주 적용되고 있다. 영상 이진화는 임계치의 설정에 따라 처리 성능이 좌우되며, 대부분의 기존 이진화 방법은 밝기 값의 히스토그램을 사용하여 평균 밝기 값이나 히스토그램의 골짜기를 임계값으로 설정한다. 그러나 본 연구와 같이 도로 반사체(가로등, 광고판 불빛 등)와 확연히 구분되지 않는 차량의 전조등과 후미등을 추출하는 경우에는 적절한 임계값을 얻기 힘들다. 따라서 본 연구에서는 영상 이진화를 위한 임계값을 180으로 정하고 이때 제거되지 않는 도로 반사체들은 후처리(형태학 필터, 추적 필터)를 통해 제거하도록 한다.

이진화 된 영상에서 방향 연결성 검색을 이용하여 연결된 요소를 임의의 번호로 지정하는 기법을 라벨링(Labeling)이라고 한다. 카메라 필터를 통해 얻어진 영상은 임계값을 기준으로 이진화 처리에 의해 두 가지(0, 255)값을 가진다. 이후 이진화 된 이미지의 연결성을 사용하여 그룹화 하는 라벨링 과정을 수행하며 이를 바탕으로 차량이라고 판단되는 후보 광원의 여부를 판단하는데 사용된다. 라벨

링 방법에서 연결성을 검색하는 방법은 4방향 연결성 검색, 8방향 연결성 검색이 일반적으로 사용되는데 본 연구에서는 4방향 연결성에 비해 많은 연결성 유지할 수 있는 8방향 연결성을 사용한다[5].

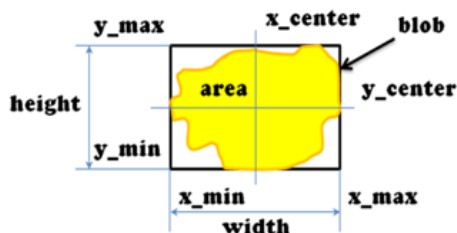


그림 7. blob 기본 정보

Fig. 7. Basic information of blob

라벨링 된 블로브는 <그림 7>와 같이 블로브 영역의 넓이(area), 블로브의 영상 중심좌표(x_center , y_center), 블로브 사각박스의 u 좌표 최대값(x_max), 블로브 사각박스의 u 좌표 최소값(x_min), 블로브 사각박스의 v 좌표 최소값(y_min), 블로브 사각박스 v 좌표 최대값(y_max), 블로브 사각박스 가로 길이(width), 블로브 사각박스 세로 길이(height)의 총 8가지 정보로 구성된다.

IV. 도로 반사체 제거

1. 반사체 제거를 위한 형태학 필터

라벨링을 통하여 추출된 블로브는 기본적으로 차량이 아닌 다른 요소들의 정보를 포함하고 있다. 라벨링 된 블로브 중 차량 광원과 유사한 특성을 가져 일반적인 특성으로 구분하기 힘든 도로 반사체는 오검출의 대표적인 원인이 된다. 야간 영상에서 도로 반사체 제거는 라벨링 된 블로브를 차량 광원의 특성과 도로 반사체의 특성을 이용하여 블로브의 잡음을 제거하는 과정이다. 검출되는 차량 광원의 특성은 일반적으로 원형 혹은 타원형이고 도로 반사체는 도로표지판과 같은 사각형, 대각형태의 타원형의 형태를 띈다.

거리에 따른 도로 및 분리대에 설치되어있는 반사체는 동일 거리에 위치한 차량의 램프(전조등, 후미등)의 크기보다 작다는 점을 착안하여, 블로브가 검출된 거리에 따라 차량 광원 데이터베이스의 거리상의 크기와 비교하여 크기보다 작을 경우 반사체로 정의하여 제거하는 방법을 사용한다.

표 2. 블로브 종류에 따른 제거 조건
Table 2. Removal condition as blob types

Blob 모양	가로등	차선	도로 간판	도로간판
Example				
제거 조건	Blob 넓기 > 수평선 높이	$\frac{Blob Area}{Blob Box Area} < 0.3$	$\frac{Height}{Width} < 0.3$	$\frac{Width}{Height} < 0.3$

크기에 따른 반사체가 제거되었다면 블로브 형태에 대한 반사체 제거를 수행한다. 차량의 광원은 일정한 형태를 가진 반면 <표 2>와 같이 도로 반사체로 분류되는 표지판 및 각종 간판 등은 그 형태가 다양하다. 도로 반사체를 제거하기 위해 블로브의 가로/세로축 장/단축 비율과 블로브 영역과 블로브 사각박스의 넓이 비를 사용한다.



그림 8. 형태학 필터를 통한 도로 반사체 제거 결과
Fig. 8. Result images through shape filter

<그림 8>는 <표 2>의 정보를 사용하여 형태학 필터를 사용하여 도로 반사체를 제거한 결과이다.

2. 반사체 제거를 위한 추적 기법

인접한 거리에서 검출되는 중앙선 사이의 캐즈 아이, 도로 분리대 및 가드레일에서 검출되는 도로 반사체는 램프와 같은 휘도 및 형태를 가지고 있어 형태에 대한 필터로 제거하기 어렵다. 본 연구에서는 앞 단계에서 제거하지 못한 반사체의 노이즈를 감소시키기 위한 방법으로 추적 기법을 사용한다. 그리고 매 프레임마다 새로운 영상의 입력이 되므로 이전 프레임에서 차량을 검색하더라도 이동하는 차량의 경우 동일차량인지 아닌지 차량의 이동방향

을 알기위해서 추적이 필요하기 때문에 물체 추적을 위해 칼만 필터 [6]가 사용되며, 칼만 필터를 적용하여 기존 블로브의 이동, 소멸 그리고 새로운 블로브의 생성을 판별한다.

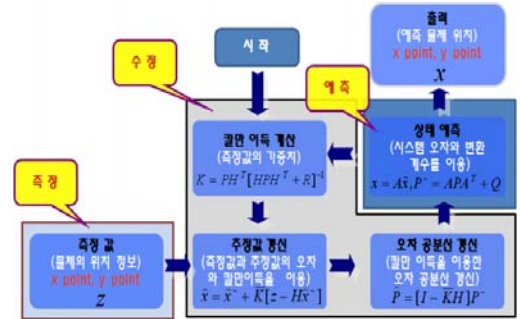


그림 9. 칼만필터의 구성
Fig. 9. Kalman filter algorithm

<그림 9>은 구현된 칼만 필터의 구성도로 필터의 수행에 따른 측정 및 예측, 그리고 수정에 대한 개략적인 순서도이다. 본 연구에서는 실제 시스템과 추정 모델과의 오차를 시스템 노이즈로 고려하여 칼만 필터를 설계하고 카메라로부터 영상을 얻어 반사체가 제거된 블로브의 위치를 측정하기 위해 차량의 속도, 위치 상태 변수를 등속 운동 모델로 정하였다. 이전 프레임에서의 블로브들과 칼만 필터를 적용한 현재 프레임에서의 블로브들의 정보를 비교하여 주변의 가장 유사한 블로브를 검출한다. 검출된 블로브의 이동 여부를 판별하고, 블로브가 검색되지 않을 경우 범위를 확장하여 블로브를 재검색한다. 추적을 통하여 발생할 수 있는 반사체 및 비 검출 대상을 제거한 후 해당하는 블로브 정보를 저장한다.

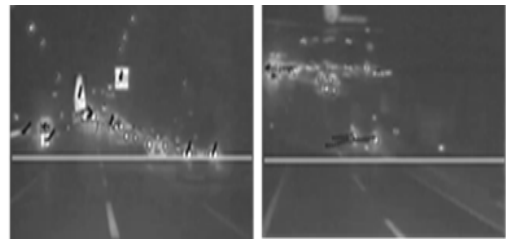


그림 10. 차량 후보 광원 추적 영상
Fig. 10. Tracking image of blob

<그림 10>은 칼만 필터를 적용한 블로브 추적을 수행한 결과이다.

V. 차량 탐지 과정

각 과정에서 도로의 잡음 요소인 반사체를 제거하였다고 가정하고 차량 광원으로 인식된 블로브를 차량이 가지는 특성인 대칭성에 따라 수평거리, 실제거리상의 수평/수직 거리에 따라 동일 차량임을 판별하여 그룹화를 통하여 차량을 탐지하고 대칭성에 의한 그룹화 처리가 불가능한 블로브의 경우 역시 차량으로 분류하여 단일 그룹화 한다 [7]. 블로브의 그룹화 시 블로브 영역의 넓이, 블로브 사각박스의 넓이, 블로브의 영상 좌표 중심, 영상에서 블로브의 이동 거리, 영상에서 블로브의 이동 각도를 파라미터로 사용한다.



그림 11. 단일 차량과 다중 차량의 탐지 결과

Fig. 11. Result of vehicle detection

<그림 11>와 같이 블로브 그룹화는 이전 단계의 필터에서 제거된 차량 광원들을 동일한 차량으로 추정될 경우 하나의 그룹으로 인식하여 개별의 차량 광원이 하나의 차량임을 탐지하는 과정이다. 이를 위하여 차량의 램프 주요 특성인 대칭성으로 블로브를 검색하여 동일 차량으로 탐지한다. 그러나 동일 차량임에도 일정거리 이상으로 인접하여 하나의 램프밖에 확인이 되지 않는 경우와 차량의 상대거리가 멀어 빛의 확산성에 의해 하나의 광원만 검색이 되는 경우는 예외로 하나의 차량으로 간주한다.

VI. 실험 결과 및 결론

야간 전방 차량의 탐지 방법을 위해 본 논문에서 제안한 컷오프 필터와 도로 반사체 제거 필터의 정량적인 평가를 위해 컷오프 카메라 필터의 유무에 따른 동일한 640×480의 해상도를 가진 30 fps의 30분 분량의 야간 영상을 가지고 실험을 하였다.

일반적으로 인식률을 비교할 때 진-긍정-확률

(true positive)가 높을뿐 아니라 긍정-오류-확률(false positive)과 부정-오류-확률(false negative)이 모두 낮은 알고리즘이 성능이 좋은 알고리즘이라고 할 수 있기 때문에 본 논문에서는 인식률 측정을 위해 진-긍정-확률(true positive), 긍정-오류-확률, 부정-오류-확률 모두를 비교할 수 있는 판단척도인 프리시즌율(precision rate)과 리콜율(recall rate)을 사용한다 [8-10]. 프리시즌율과 리콜율을 구하는 식은 다음과 같다.

$$Precision = \frac{truePositives}{truePositives + falsePositives} \quad (4)$$

$$Recall = \frac{truePositives}{truePositives + falseNegatives} \quad (5)$$

<표 3>는 본 논문에서 제안한 컷오프 필터의 성능분석을 위해 일반적인 가시광 영역을 사용했을 경우(방법1)와 600 - 720 nm 대역의 파장만 통과하는 컷오프 가시광 필터를 사용했을 경우(방법2)에 각각 동일한 시간과 장소에서 획득한 야간 동영상을 사용하여 실험한 인식률을 나타낸다.

표 3. 카메라 렌즈 필터에 따른 차량 인식률
Table 3. Vehicle detection rate as camera lens filter types

	진긍정 확률	긍정 오류 확률	부정 오류 확률	프리시 즌율	리콜율
방법1	89 %	25 %	13 %	78 %	87 %
방법2	93 %	16 %	11 %	85 %	89 %

방법1 : 일반 가시광 영역 카메라 렌즈 사용
방법2 : 컷오프 가시광 영역 카메라 렌즈 사용

일반 가시광 영역의 카메라 렌즈를 사용한 것에 비해 컷오프 가시광 영역 카메라 렌즈를 사용하여 야간 차량을 검출한 결과 프리시즌율이 7%, 리콜율이 2% 개선되었다.

<표 4>는 본 논문에서 제안한 도로 반사체 필터의 성능분석을 위해 컷-오프 필터 사용시 도로 반사체 필터를 사용하지 않을 경우(방법3)와 도로 반사체 필터를 사용할 경우(방법4)에 실험한 인식률을 나타낸다.

표 4. 컷오프 필터 사용시 도로 반사체 제거 필터 유/무에 따른 차량 인식률

Table 4. Vehicle detection rate as road reflector removal filter using cut-off filter lens environment

	진공정 확률	긍정 오류 확률	부정 오류 확률	프리시 즌률	리콜률
방법3	93 %	16 %	11 %	85 %	89 %
방법4	98 %	11 %	6 %	89 %	94 %

방법3 : 도로 반사체 필터 사용 하지 않을 경우

방법4 : 도로 반사체 필터 사용 할 경우

야간 환경에서 컷오프 필터 사용시 도로 반사체 필터를 사용하지 않은 결과에 비해 도로 반사체 필터를 사용하여 야간 차량을 검출한 결과 프리시즌률이 4%, 리콜률이 5% 개선되었다. 야간에 컷오프 가시광 카메라 필터를 사용하여 영상을 획득한 다음 영상 관심 영역을 설정, 차량 후보 광원 추출, 도로 반사체 제거, 그룹화 과정을 수행하면 차량 탐지를 효과적으로 할 수 있음을 알 수 있었다. 그러나 긍정 오류 확률의 개선률에 비해 부정 오류 확률의 개선률이 컷오프 가시광 카메라 필터 사용 방법에서는 7% 낮았으며 도로 반사체 제거 필터 사용 방법에서는 1% 낮았다.

따라서 부정 오류가 일어나는 상황 중 비중이 가장 큰, 도로 표면의 반사를 제거하는 필터를 설계한다면 야간 전방 차량 탐지율이 개선될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Y.M. Chan, S.S. Huang, L.c. Fu, and P.Y. Hsiao, "Vehicle detection under various lighting conditions by incorporating particle filter", in IEEE Proceedings of Intelligent Transportation System 2007, Seattle, WA, USA, pp. 534-539, Sept.30-Oct.3, 2007.
- [2] S. Kim, S.Y. Oh, J. Kang, Y. Ryu, K. Kim, s.c. Park, and K. Park, "Front and rear vehicle detection and tracking in the day and night times using vision and sonar sensor fusion", IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 2173-2178, Aug. 2005.
- [3] Y.L. Chen, Y.H. Chen, C.J. Chen, and B.F. Wu, "Nighttime vehicle detection for driver assistance and autonomous vehicles", in Proc. IEEE 18th Intl. Con! on Pattern Recognition, Vol.I, pp. 687-690, Aug. 2006.
- [4] Hyun-Koo Kim, Yeonghwan Ju, Jonghun Lee, Yongwan Park, Ho-Youl Jung, "Lane detection for adaptive control of autonomous vehicle", Candidate journal for Accreditation, Journal of IEMEK, Vol.4, No.4, pp. 180-188, 2009.
- [5] Horn, Robot Vision, MIT Press, 1996, pp. 69-71.
- [6] Rauch, H.E. Tung, F. Striebel, C.T., "Maximum likelihood estimates of linear dynamic systems", AIAA J Vol.3, No.8, pp. 1445-1450. 1965.
- [7] David Meyer, Friedrich Leisch, and Kurt Hornik, "The support vector machine under test", Neurocomputing Vol.55, No.1-2, pp. 169-186, 2003.
- [8] Olson, David L. Delen, Dursun "Advanced data mining techniques", Springer; 1 edition (Feb 1, 2008), pp. 138, ISBN 3540769161.
- [9] Raoul de Charette, Fawzi Nashashibi, "Real time visual traffic lights recognition based on spot light detection and adaptive traffic lights templates", pp. 358-363., Intelligent Vehicles Symposium, 2009.
- [10] Raoul de Charette, Fawzi Nashashibi, "Traffic light recognition using image processing compared to learning processes", pp. 333-338, 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, St. Louis USA, Oct.11-15, 2009.

저 자 소 개

김현구



2009년 : 영남대학교
정보통신공학과 학사.
현재, 영남대학교 정보통신공
학과 석사과정.
관심분야 : 지능형자동차, 레
이저/영상 융합신호처리, 패
턴인식, 3D 재구성.

Email : kim-hk@ynu.ac.kr

박주현



1990년 : 경북대학교
전자공학 학사.
1992년 : 경북대학교
전자공학과 석사.
1997년 : 포항공과대학교
전기전자공학부 박사.

현재, 영남대학교 전기공학과 부교수

관심분야 : Complex networks,
Embedded control systems.

Email : jessie@ynu.ac.kr

정호열



1988년 : 아주대학교
전자공학 학사.
1990년 : 아주대학교
전자공학 석사.
1998년 : 프랑스 INSA
de Lyon 전자공학 박사.

1998년 : 프랑스 CREATIS연구소 Post Doc.

1999년~현재, 영남대 전자정보공학부 교수.

2003~2005 : 정통부지원 영남대 정보통신
창업지원센터 소장.

관심분야 : 신호처리, 디지털위터마킹, 지능형자동차.

Email : hoyoul@yu.ac.kr