

## R-필터링을 이용한 자동차 브레이크등 검출과 인식

정민철<sup>†</sup>

<sup>†</sup>상명대학교 공과대학 컴퓨터시스템공학과

### Detection and Recognition of Vehicle Brake Lights using an R-Filtering

Min Chul Jung<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Dept. of Computer System Engineering, Sangmyung University

#### ABSTRACT

This paper proposes a new method of vehicle brake lights detection and recognition using an R-filtering. Firstly, the proposed method processes the R-filtering with the first input image and then with the second one in order to detect brake lights. Secondly, the method counts the number of red pixels and computes the mean value in each R-filtered image. The difference rates between the numbers of the red pixels and between the mean values of two images are defined in this paper. Through the analysis of the difference rates, it can recognize whether brake lights are turned on or off, and whether the vehicle ahead is being approached or not. The proposed method is implemented using C language in an embedded Linux system for a high-speed real-time image processing. Experiment results show that the proposed algorithm is quite successful.

**Key Words** : vehicle detection, brake lights recognition, R-filtering, the mean value, difference rate

#### 1. 서 론

우리는 전적으로 시각에 의존해 우리가 도로에서 운행하는 차량 앞의 일정 거리 안에 선행하는 차량이 존재하면 주의를 기울이고, 선행 차량의 브레이크등이 점등하여 속도가 줄거나 정지할 때 같이 브레이크를 작동해 속도를 줄이거나 정지한다. 브레이크등은 브레이크 페달을 밟아 차가 제동할 때 뒤차에게 차가 제동하고 있음을 알려주며 적색을 쬐다. 브레이크등 인식시스템은 차량에 장착된 카메라로 전방의 입력 영상에서 자동으로 브레이크등을 획득 및 검출하고 인식하여 운전자에게 차량 전방에 선행 차량의 존재 여부와 브레이크등의 점멸 여부를 실시간으로 차량 디스플레이 장치나 음성 또는 사운드로 스피커를 통해 알려주어, 운전자의 시각과 지각을 보조하는 컴퓨터 비전 시스템이다. 이러한 브레이크등 인식 시스템은 운전자가 보다 안전하고 편리한 운전을 도모하게 할 뿐만 아니라 색

약이나 색맹인 운전자에게는 특히 유용하다. 전방 차량을 검출하기 위해서 Haar-like 특징을 이용한 방법[1], HOG 특징을 이용한 방법[2], 형태 모델링을 이용한 방법[3] 등이 개발되어 있으나 이는 단순히 전방 차량의 존재 여부를 검출하기 위한 방법이라 전방 차량의 브레이크등 인식 시스템에는 사용할 수 없다. 브레이크등이 소등에서 점등으로 또는 점등에서 소등으로 상태가 바뀌는 것을 검출하기 위해서 컴퓨터 비전에서 많이 사용하는 차분 연산(image subtraction)이나 XOR연산[4]을 이용하여, 브레이크등이 점등된 영상과 소등된 두 영상을 단순히 산술 연산으로 빼는 방법은 대상체와 카메라가 모두 움직이고 있으므로 사용할 수 없다. 즉, 차분한 결과 영상이나 XOR한 결과 영상에는 브레이크등의 밝기 변화뿐 아니라 대상 차량의 이동에 따른 영상 변화와 카메라의 이동에 따른 영상 변화가 모두 남는다. 또한 본 논문에서 실험한 결과 RGB 모델로 입력된 영상을 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Intensity)로 구성된 HSI 모델로 변환한 영상[5-6]에서는 브레이크등 대상체의 위치를 검출하는 것도 어렵고,

<sup>†</sup>E-mail : mjung@smu.ac.kr

예상과 달리 브레이크등의 점멸에 따라 큰 변화가 없었다. 본 논문에서는 브레이크등 인식 시스템을 구현하기 위한 새로운 영상 처리 방법을 제안한다. 먼저, RGB 모델로 입력된 영상을 R-필터링하여 브레이크등을 검출한다. 일정 크기 이상의 적색이 검출되면 차량 바로 정면에 선행 차량이 존재하는 것이다. 다음 입력 영상에서 검출된 적색이 이전 입력 영상보다 더 많이 검출되면 앞의 차량이 브레이크를 작동하여 브레이크등이 점등된 것으로 인식한다. 또한 전방 차량과의 거리 접근 여부도 인식할 수 있다.

## 2. 브레이크등 검출과 인식

### 2.1. R-필터링

본 논문에서는 RGB 모델로 입력된 두 입력 영상을 각각 R-필터링하여 적색 부분만 추출한 후, 두 영상에서 추출한 적색 픽셀의 면적 변화량, 적색 픽셀의 밝기 변화량을 이용하여 브레이크등의 점멸 여부를 검출하고 인식한다. 먼저 차량에 장착된 카메라에 입력되는 전방 영상에서 브레이크등을 검출하고 점멸 여부를 인식하기 위해서 브레이크등의 색상 정보를 이용한다. 적색인 브레이크등을 검출하기 위해서는 입력 영상으로 컬러 영상을 사용하는 데 컬러 영상의 색상은 날씨와 시간에 따른 외부 빛의 영향을 크게 받는다. 따라서 단순한 RGB 채널별 분리는 외부 조명의 영향을 많이 받고 획득 영상에서 채널별 간섭과 백색으로 인한 색혼합으로 인하여 사용하지 않는다. 본 논문에서는 입력 영상에서 순수한 적색만을 추출하기 위해 R-필터링을 사용한다. 수식 (1)은 R-필터링을 하는 것을 나타낸다[7].

$$\begin{aligned} R &= (R-G) + (R-B) - |G-B| \\ G &= 0 \\ B &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

위의 수식을 수행한 후, 값이 0보다 작은 음수는 0으로, 255보다 큰 수는 255로 클램핑(clamping)하여 픽셀의 값이 8-bits 범위 안에 있게 한다. 브레이크등이 점등하여 적색이 어느 한도이상 밝아지면 입력 영상에서 적색 픽셀 값뿐만 아니라 녹색 픽셀과 청색 픽셀 값도 같이 높아져 혼합된 색인 흰색에 가까워진다. 이 경우에도 R-필터링은 원래 객체 고유의 색인 적색만을 필터링해 낸다. Fig. 1에서 Fig. 7은 입력된 영상과 R-필터링된 영상을 보인다. Fig. 1(a)는 전방에 있는 차량의 브레이크등이 소등된 영상인데 이를 R-필터링하면 브레이크등의 적색 부분과 배경에서 적색이 존재하는 부

분만을 추출하고 백색광 부분과 그 외의 색 부분은 모두 제거한다. Fig. 1(b)는 이를 나타낸다. 마찬가지로 Fig. 1(c)는 전방에 있는 차량의 브레이크등이 점등된 영상이고, Fig. 1(d)는 이 영상을 R-필터링한 영상이다.

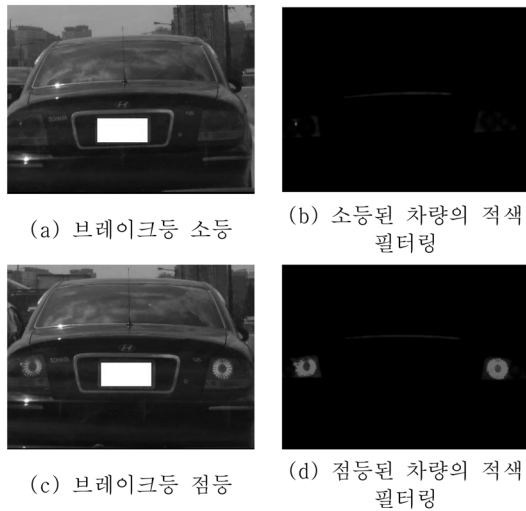


Fig. 1. Brake lights of a white vehicle turned on/off, and its respective R-filtered images.

### 2.2. 브레이크등 점멸 인식

브레이크등이 소등된 영상과 점등된 영상을 각각 R-필터링한 후의 두 영상을 상호 비교하면 적색 부분이 변화된 것을 알 수 있다. 적색 부분의 변화에는 두 가지가 있다. 첫 번째는 적색의 픽셀 수에는 큰 변화가 없으나 적색 픽셀의 밝기 값이 변화한 경우이고, 두 번째는 반대로 적색 픽셀의 밝기 값에는 큰 변화가 없으나 적색의 픽셀 수(면적)에는 큰 변화가 있는 경우이다. R-필터링한 결과 영상에는 적색을 띄는 브레이크등뿐만 아니라 배경에 존재하는 적색 부분도 존재할 수 있으나 이러한 적색 부분은 브레이크등이 점등에서 소등으로, 또는 소등에서 점등되는 짧은 시간 동안에는 밝기 값이나 픽셀 수에 있어서 브레이크등만큼의 큰 변화는 없다.

Fig. 1과 Fig. 2는 적색의 픽셀 수에는 큰 변화가 없으나 적색 픽셀의 밝기 값이 변화한 경우이다. 이를 정량화하여 비교 분석하기 위해 본 논문에서는 입력 영상에서 ROI(Region of Interest) 영역을  $400 \times 300$  크기를 고정된 후, R-필터링한 영상에서 적색 픽셀의 개수와 적색 픽셀의 밝기 평균값을 구하여 서로 비교하였다. 적색 픽셀의 개수는 0에서 120,000개 사이의



**Fig. 2.** Brake lights of a black vehicle turned on/off, and its respective R-filtered images.

**Table 1.** The number and the mean value of the red pixels of Fig. 1(b)(d).

brake lights	the number of the red pixels	the mean value of the red pixels
off (Fig. 1(b))	5286	58.8
on (Fig. 1(d))	6450	104.3

**Table 2.** The number and the mean value of the red pixels of Fig. 2(b)(d).

brake lights	the number of the red pixels	the mean value of the red pixels
off (Fig. 2(b))	4470	28.7
on (Fig. 2(d))	5571	100.3

값을, 적색 픽셀의 밝기는 1에서 255의 값을 가진다. 픽셀 밝기 값 0은 본 논문에서는 흑색 배경으로 간주하여 적색 픽셀의 개수와 밝기 평균값 계산에서 제외한다. Table 1과 Table 2는 각각 Fig. 1과 Fig. 2의 R-필터링한 영상에서 적색 픽셀의 개수와 적색 픽셀의 밝기 평균값을 나타낸다.

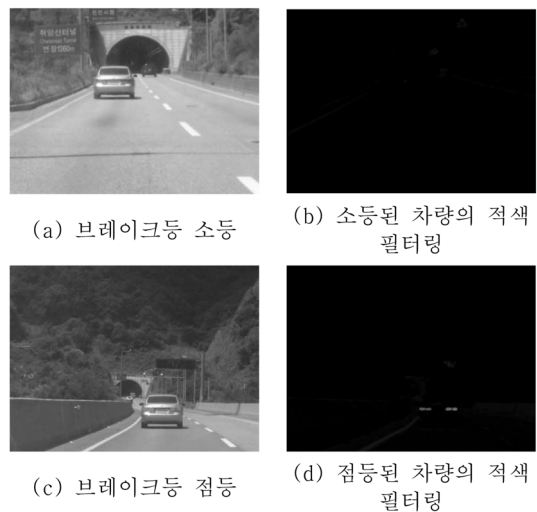
본 논문에서는 적색 픽셀 개수의 변화량  $dn$ 으로, 적색 픽셀의 밝기 평균값의 변화량  $dm$ 으로 나타내고 다음 수식 (2)와 (3)과 같이 정의하였다.

$$dn = \frac{n_{after} - n_{before}}{n_{before}} \quad (2)$$

$$dm = \frac{m_{after} - m_{before}}{m_{before}} \quad (3)$$

위의 수식에서  $n_{after}$ 는 브레이크등이 점등됐을 때의 적색 픽셀의 개수이고,  $n_{before}$ 는 브레이크등이 소등됐을 때의 적색 픽셀의 개수이다. 마찬가지로  $m_{after}$ 는 브레이크등이 점등됐을 때 적색 픽셀의 밝기 평균값이고,  $m_{before}$ 는 브레이크등이 소등됐을 때 적색 픽셀의 밝기 평균값이다. 브레이크등의 변화가 없을 때는  $dn = 0$ 이고  $dm = 0$ 이다. Table 1에 위의 수식을 적용하면 적색 픽셀의 개수는  $dn = 0.22$ 만큼 증가했고, 적색 픽셀의 평균 밝기는 58.8에서 104.3으로  $dm = 0.77$ 만큼 증가했다. 따라서 브레이크등이 점등된 것으로 인식한다. Table 2에도 마찬가지로 적색 픽셀의 개수는  $dn = 0.24$ 만큼 증가했고, 적색 픽셀의 평균 밝기는 28.7에서 100.3으로  $dm = 2.49$ 만큼 크게 증가했다. 마찬가지로 브레이크등이 점등된 것으로 인식한다.

Fig. 3과 Fig. 4는 적색 픽셀의 밝기 값은 큰 변화가



**Fig. 3.** Brake lights of a distant vehicle turned on/off, and its respective R-filtered images.

**Table 3.** The number and the mean value of the red pixels of Fig. 3(b)(d).

brake lights	the number of the red pixels	the mean value of the red pixels
off (Fig. 3(b))	4852	10.2
on (Fig. 3(d))	25255	11.7

없으나 적색의 픽셀 수에는 큰 변화가 있는 경우를 나타낸다. Table 3과 Table 4는 각각 Fig. 3과 Fig. 4의 R-필터링한 영상에서 적색 픽셀의 개수와 적색 픽셀의 밝기 평균값을 나타낸다.

Table 3에서 보면 적색 픽셀의 개수는 4852개에서 25255개로  $dn = 4.21$ 만큼 크게 증가했고, 적색 픽셀의 평균 밝기는 10.2에서 11.7으로  $dm = 0.15$ 만큼 증가했다. 적색의 밝기 값은 큰 변화가 없으나 적색 부분이 갑자기 크게 증가했으므로 브레이크등이 점등된 것으로 인식한다. Table 4에서도 마찬가지로 적색 픽셀의 개수는 5934개에서 12432개로  $dn = 1.10$ 만큼 크게 증가했고, 적색 픽셀의 평균 밝기는 22.4에서 28.4로  $dm = 0.27$ 만큼 증가했다. 적색의 밝기 값은 큰 변화가 없으나 적색 부분이 갑자기 크게 증가했으므로 브레이크등이 점등된 것으로 인식한다.

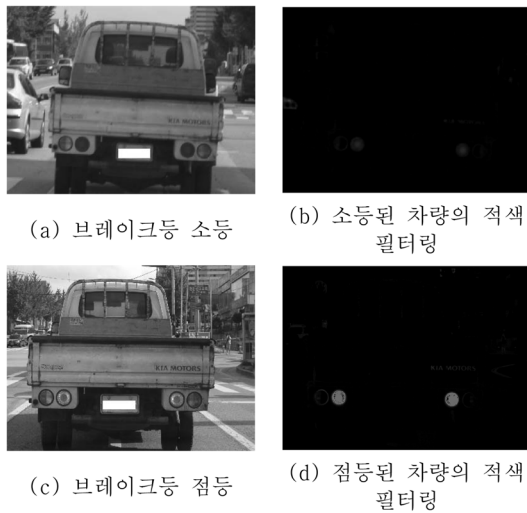


Fig. 4. Brake lights of a truck turned on/off, and its respective R-filtered images.

Table 4. The number and the mean value of the red pixels of Fig. 4(b)(d).

brake lights	the number of the red pixels	the mean value of the red pixels
off (Fig. 4(b))	5934	22.4
on (Fig. 4(d))	12432	28.4

전방 차량의 브레이크등이 소등에서 점등으로 바뀌는 경우에  $dn$  또는  $dm$  중 적어도 하나가 크게 증가한

다. 이와는 반대로 전방 차량의 브레이크등이 점등에서 소등으로 바뀌는 경우에는  $dn$  또는  $dm$  중 적어도 하나가 크게 감소한다. 본 논문에서는  $dn$ 이 0.5보다 크거나 또는  $dm$ 이 0.5 보다 크면 전방 차량의 브레이크등이 소등에서 점등으로 바뀐 것으로 정의했다.  $dn$ 과  $dm$ 의 값이 크면 클수록 전방 차량에 있는 브레이크등의 변화가 입력 영상에 크게 반영된 것이다.  $dn$ 과  $dm$ 의 양(+)의 값 크기에 따라 차량 디스플레이 장치나 음성 또는 사운드로 스피커를 통해 전방 차량의 브레이크등의 점등을 알려 주거나, 추가로 운전자가 제 시간에 대처하지 못하는 경우에는 ECU(electronic control unit) 시스템을 통해 자동으로 브레이크를 제어해 차량의 속도를 줄이거나 정지하게 할 수 있다. 앞과 유사하게 본 논문에서는  $dn$ 값이  $-0.5$ 보다 작거나 또는  $dm$ 값이  $-0.5$  보다 작으면 전방 차량의 브레이크등이 점등에서 소등으로 바뀐 것으로 정의했다. 마찬가지로  $dn$ 과  $dm$ 의 음(-)의 값 크기에 따라 운전자에게 차량 디스플레이 장치나 음성 또는 사운드로 전방 차량의 브레이크등 소등을 알려주어 운전자가 정지된 전방 차량을 계속 주시할 필요 없이 전방 차량이 다시 출발하는 것을 알 수 있게 할 수 있다.

### 2.3. 전방 차량과의 접근 인식

전방 차량의 브레이크등 점멸 여부와 관계없이 전방 차량에 대하여 후방에 있던 카메라 장착 차량이 접근하여 차간 거리가 좁혀져도  $dn$ 과  $dm$ 은 증가한다. 반대로 차간 거리가 멀어지면  $dn$  과  $dm$ 은 감소한다.  $dn$  과



Fig. 5. Vehicle approached with brake lights turned off, and its respective R-filtered images.

**Table 5.** The number and the mean value of the red pixels of Fig. 5(b)(d).

brake lights keep turned off	the number of the red pixels	the mean value of the red pixels
far (Fig. 5(b))	39485	25.4
near (Fig. 5(d))	42904	28.2

dm 값은 마찬가지로 앞의 수식 (2)와 (3)에 의해 구할 수 있다. 단,  $n_{\text{after}}$ 는 차량이 접근한 후의 적색 픽셀의 개수이고,  $n_{\text{before}}$ 는 차량이 접근하기 전의 적색 픽셀의 개수이다. 마찬가지로  $m_{\text{after}}$ 는 차량이 접근한 후의 적색 픽셀의 밝기 평균값이고,  $m_{\text{before}}$ 는 차량이 접근하기 전의 적색 픽셀의 밝기 평균값이다. Fig. 5는 전방 차량의 브레이크등은 계속 소등이 되어 있는 상태에서 카메라 장착 차량이 접근하는 것을 보인다. Table 5로부터  $dn = 0.09$ 이고,  $dm = 0.11$ 임을 알 수 있다.

또한 전방 차량의 브레이크등이 계속 점등된 상태, 즉 정지한 상태에서 카메라 장착 차량이 접근하여 차간 거리가 좁혀지는 경우에도  $dn$  과  $dm$ 이 증가한다. Fig. 6은 전방 차량의 브레이크등은 계속 점등이 되어 있는 상태에서 카메라 장착 차량이 접근하는 것을 보인다. 마찬가지로 Table 6으로부터  $dn = 0.19$ 이고,  $dm = 0.16$ 임을 알 수 있다.

비록 브레이크등이 점멸될 때처럼  $\pm 0.5$ 이상의 큰 값은 아니지만, 브레이크등의 변화 없이 차간 거리가 좁혀지면  $dn$  과  $dm$  이 증가하고, 차간 거리가 멀어지

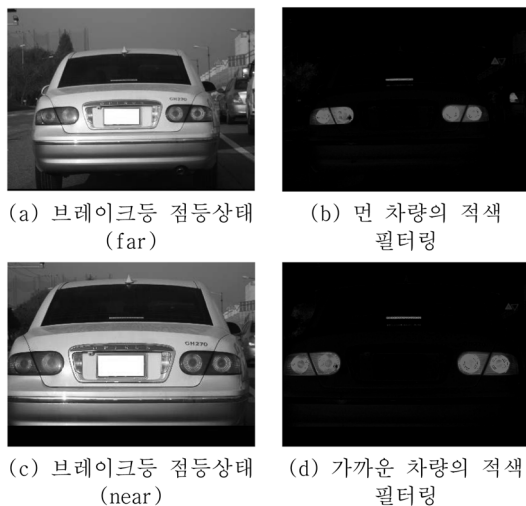
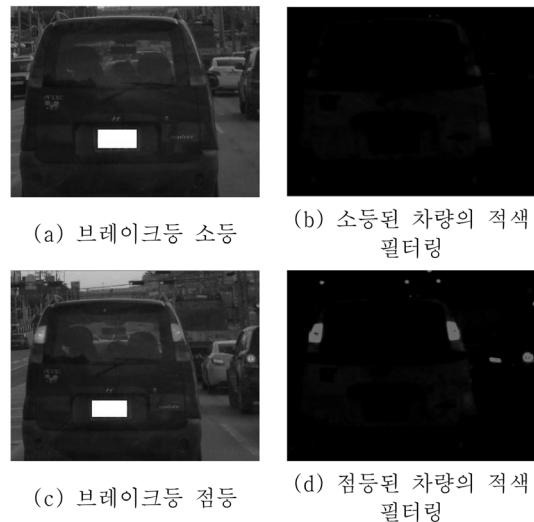
**Table 6.** The number and the mean value of the red pixels of Fig. 6(b)(d).

brake lights keep turned on	the number of the red pixels	the mean value of the red pixels
far (Fig. 6(b))	36570	31.4
near (Fig. 6(d))	43597	36.4

면  $dn$  과  $dm$ 이 감소한다. 본 논문에서는  $dn$ 이 0.07보다 크고(AND)  $dm$ 이 0.07 보다 크면 차간 거리가 좁혀지는 것으로,  $dn$ 이  $-0.07$ 보다 작고(AND)  $dm$ 이  $-0.07$  보다 작으면 차간 거리가 멀어지는 것으로 정의했다. 마찬가지로 차량 디스플레이 장치나 음성 또는 사운드로 스피커를 통해 전방 차량과의 차간 거리 상태를 운전자에게 알려줄 수 있다.

### 3. 실험 결과

본 논문에서 제안한 방법을 C언어로 구현하여 임베디드 리눅스 시스템에서 실험하였다. 실험한 결과는 전방 차량의 브레이크등 점멸 여부와 전방 차량과의 접근 여부를 성공적으로 검출하고 인식하는 것으로 나타났다. 실험 결과 중에는  $dn$  값과  $dm$ 값이 항상 동시에 함께 증가하거나 감소하지는 않는 경우도 있었다. Fig. 7에서 보듯이 적색 차량이 가까이 있을 때는 브레이크등이 소등 상태에 있었다가 멀어질 때 브레이크등을 점등하는 경우에는 오히려 적색 픽셀의 개수는 줄어들어  $dn$

**Fig. 6.** Vehicle approached with brake lights turned on, and its respective R-filtered images.**Fig. 7.** Brake lights of a red vehicle turned on/off, and its respective R-filtered images.

**Table 7.** The number of red pixels and the mean of red pixel value of Fig. 7(b)(d).

brake lights	the number of the red pixels	the mean value of the red pixels
off (Fig. 7(b))	29185	19.7
on (Fig. 7(d))	27694	32.1

이 감소해했다. 이것은 영상에서 차지하는 적색 차량의 크기가 작아졌기 때문이다. 그러나 Table 7에서 알 수 있듯이  $dn = -0.051$ 이지만, 적색 픽셀의 평균 밝기는 19.7에서 32.5로 밝아져서  $dm = 1.79$ 이다.  $dm$ 이 0.5 보다 크므로 전방 차량의 브레이크등이 소등에서 점등으로 바뀐 것으로 인식했다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 브레이크등 인식시스템을 구현하기 위하여 차량에서 획득된 영상을 RGB 색상 공간에서 R-필터링 한 후, 필터링된 영상에서 적색 픽셀을 추출하고 이를 분석하여 전방 차량의 브레이크등 점멸 여부와 전방 차량과의 접근 여부를 인식하는 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 차량의 전방을 감지하기 위한 레이더 기술[8]이나 전방 차량과의 거리 계측을 위해 적외선 펄스 레이저를 이용하는 방법[9]과 병행하여 사용하여 효과를 극대화할 수 있다. 또한 본 논문에서 제안한 방법은 영상에서 LED조명이나 램프 조명의 점등 여부를 검출할 필요가 있는 다른 컴퓨터 비전 시스템에서도 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 참고문헌

1. 최미순, 이정환, 석정희, 노태문, 심재창, “Haar-like 특징 기반의 SVM을 이용한 자동차 검출 알고리즘,” 한국멀티미디어학회, 추계학술발표대회 논문집, 제12권, 제2호, pp. 376~378, 2009.
2. 최미순, 이정환, 노태문, 심재창, “HOG 특징 및 영상 분할을 이용한 부스팅분류 기반 자동차 검출 기법,” 한국정보과학회, 정보과학회논문지, 제16권, 제10호, pp. 955-961, 2010.
3. 윤여민, 김유선, 단병규, 노태문, 고성제, “형태 모델링을 통한 자동차 검출기,” 대한전자공학회, 하계종합학술대회, pp. 360-361, 2010.
4. R. T. Chin, and C. A. Harlow, “Automated Visual Inspection: A Survey,” IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-4, No. 6, 1982.
5. 김영집, 김병국, “HSI 컬러 모델을 이용한 장애물의 거리정보 고속 추출,” 대한전자공학회 학술발표회 논문집(제어계측/로보틱스/자동화연구회), pp. 251~254, 1997.
6. 김명엽, 서덕재, 김영모, 여진경, “HSI 색모델 기반의 컬러 영상처리를 이용한 유리조각 색상선별 시스템,” 대한전기학회, CICS 2009 정보 및 제어 학술대회 논문집, pp. 309~310, 2009.
7. 정민철, “LCD 결함 검출을 위한 머신 비전 알고리즘 연구,” 반도체디스플레이기술학회지, 제9권, 제3호, pp. 59-63, 2010.
8. 홍주연, 강동민, 윤희섭, 심재엽, 이경호, “전방감지용 밀리미터파 레이더 기술 동향,” ETRI, 전자통신동향 분석 제22권, 제5호, pp. 35~45, 2007.
9. 현인걸, 김경주, 장경영, 송기원, 이순재, 박진수, “적외선 펄스 레이저를 이용한 전방차량과의 거리 계측,” 한국자동차공학회, 춘계학술대회논문집, 1호, pp. 393~398, 1995.

접수일: 2011년 11월 11일, 심사일: 2011년 11월 29일,  
게재확정일: 2011년 12월 15일