

영상분할 기반의 그림자를 이용한 전방 차량 인식

*장 희 진, *김 민 관, *김 민 철, *최 태 호
*경북대학교 전자공학과

The Detection of Front Vehicle based-on Image Division Using Shadows

*HeeJin Jang, *MinKwan Kim, *MinChul Kim, *TaeHo Choi
*Electronics Engineering, Kyungpook National University,

Abstract - 최근 급속하게 증가하는 차량과 함께 운전자에게 보다 편리함과 안정성을 제공하기 위하여 첨단 안전 차량(ASV : Advanced Safety Vehicle)에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 본 논문에서는 그 중 한 분야인 카메라를 통한 차량 인식으로써, 전방 차량의 그림자를 이용하여 차량을 검출하고자 한다. 실험 절차는 크게 두 가지 단계로 나누어지며, 첫 번째 단계로는, 카메라를 통해 들어오는 도로 영상 이미지를 명도 값을 기반으로 영상을 차레로 분할하여 차량의 그림자를 나타낸다. 두 번째 단계로는, 실험 작업을 통해 얻어진 차량의 수평 그림자 성분을 이미지 안에서 탐색하여 차량의 위치를 검출하게 된다. 이에 제안된 방식을 검증하기 위해 CCD카메라를 이용하여 도로영상을 촬영하고, 컴퓨터 모의실험을 통해 전방차량이 검출됨을 보였다.

1. 서 론

매년 꾸준히 증가하는 차량으로 인한 교통체증 및 교통사고는 운전자로 하여금 운전 시 주변 환경에 대해 보다 면밀한 주의력과 안정성을 요구하게 된다. 이로 인해 현재 많은 나라에서 운전자로 하여금 보다 편리하고 안전성을 가미한 첨단 안전 차량(ASV : Advanced Safety Vehicle)을 제공하기 위해 많은 연구 개발이 이루어지고 있다. 과거에는 사고 후 피해를 경감하기 위한 수동형 차량안전시스템 위주였으나, 근래에는 점차 사고를 사전에 예방할 수 있는 ABS, 카메라 및 레이더를 이용한 차량 인식 시스템 등 사고를 미연에 방지하고자 하는 능동형 차량안전시스템 위주로 연구가 활발히 진행되고 있다.

기존의 전방 차량검출 연구 방법은 차량의 윤곽에 기인한 에지, 대칭성, 그림자를 이용한 방법 등이 사용되었다. 그 중 H. Mori와 N. M. Charkari가 제안한 그림자를 이용한 방법은 차량 하단 그림자의 명도 값은 차량 주변의 도로 명도 값보다 항상 어둡다는 이론을 근거로 차량을 검출하였다.[3] 그림자를 이용한 또 다른 방법으로는 칼라, 엔트로피, edge-based module방법 등이 있다. 본 논문에서는 C. Tzomakas와 W. von Seelen가 제안한 edge-based module방법을 개선하여 좀 더 강인하게 차량의 그림자 영역과 차량을 검출하고자 한다.[2] edge-based module방법은 칼라와 엔트로피 방법에 비해 상대적으로 계산량이 적다는 점에서 도로 영상을 처리하는데 효율적이라 할 수 있다. 이 방법은 도로 영상에서 먼저 도로를 추출함으로써 차량 하단의 그림자를 검출하기 위한 적절한 Threshold값을 결정할 수 있다. 하지만, edge의 경계 값 기준으로 하여 도로 영역을 추출하기 때문에 어두운 조명 속에서는 원활하게 도로 영역을 추출할 수 없게 된다.

이에 본 논문에서는 어두운 조명 속에서도 보다 효율적으로 도로 영상을 분할하여 적절한 Threshold값을 가지고자 한다. 실험 절차는 크게 두 가지 단계로 나누어지며, 첫 번째 단계는, 순차적인 영상 분할을 통해 도로 표면을 추출하고, 그림자 영역을 분할하기 위한 적절한 Threshold값을 찾는다. 두 번째 단계는, 도로 영상 이미지 안에서 그림자 에지를 탐색하여 차량의 위치를 검출한다.

2. 본 론

2.1 Otsu 방법[1]

본 논문에서 영상 분할의 최종 목적은 어두운 조명 아래에서도 도로 표면을 추출하여 차량의 그림자를 검출하기 위한 적절한 Threshold값을 설정하여 차량의 위치를 찾는 것이다. 영상 분할의 첫 번째 단계로서, 하늘 부분과 도로 부분의 명도 값을 비교하여 실험에서 필요한 데이터인 도로 부분의 이미지를 얻는 것이 첫 번째 분할 과정의 목표이다. 하늘 부분과 도로 부분은 두 영역 사이에 명도 값 차이가 발생하고, 도로 부분이 하늘 부분보다 항상 어둡다는 조건 아래 Otsu 방법을 이용하여 첫 번째 영상을 분할을 하고자 한다. Otsu 방법은 영상의 Histogram을 만들어 어떤 경계 값으로써 2개의 유사 밝기 객체들을 분리할 때 사용된다. 즉, 2부분으로 나누어진 영역 사이의 분산이 최대가 되도록 자동으로 임계값을 설정하는 기법이다.

어떤 영상의 L개 gray level{1,2,...,L}로 구성되어 있고, 농도 레벨 i의 빈도수를 n_i , 총 화소 수를 N이라고 하면

$$N = \sum_{i=1}^L n_i \quad (1)$$

이 되고, 각 레벨의 확률은

$$p_i = n_i/N; \quad p_i \geq 0, \quad \sum_{i=1}^L p_i = 1 \quad (2)$$

로 나타낼 수 있다.

입력 영상이 레벨 k로 두 개로 나누어 졌다면 $C_1 = [1, \dots, k]$ 클래스와 $C_2 = [k+1, \dots, L]$ 클래스로 나눌 수 있고, C_1, C_2 의 확률 분포와 평균은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$w_0 = \sum_{i=1}^k p_i = w(k) \quad (3)$$

$$w_1 = \sum_{i=k+1}^L p_i = 1 - w(k) \quad (4)$$

$$u_0 = \sum_{i=1}^k ip_i/w_0 = u(k)/w(k) \quad (5)$$

$$u_1 = \sum_{i=k+1}^L ip_i/w_1 = u_T - u(k)/(1 - w(k)) \quad (6)$$

전체 영상의 평균을 u_T 라 하면

$$w_0 u_0 + w_1 u_1 = u_T, \quad w_0 + w_1 = 1 \quad (7)$$

이다. 두 개의 클래스사이의 분산 식은 다음과 같다.

$$\sigma^2(k) = \frac{[u_T w(k) - u(k)]^2}{w(k)[1 - w(k)]} \quad (8)$$

식(8)을 이용하여 다음 식(9)을 만족하는 최적의 k^* 을 구하여 이것을 임계값으로 설정한다.

$$\sigma^2(k^*) = \max_{1 < k < L} \sigma^2(k) \quad (9)$$

2.2 도로 표면 및 그림자 추출

매 Frame마다 주변 환경이 변하는 도로 영상에서 차량의 그림자를 효율적으로 분할하기 위해서는 고정된 Threshold 값을 사용할 수 가 없다. 즉, 주변 환경의 특성마다 다른 Threshold 값을 적용해야 한다. 결국, 실시간으로 변하는 조명 조건에서도 대강의 도로 표면을 추출하면 차량의 그림자 영역을 분할하기 위한 대략의 Threshold값을 설정 할 수 있게 된다. 기존 방식은 edge를 경계로 하여 도로를 추출함으로써 조명 조건이 변화에 따라 edge의 경계 값도 실시간으로 변해야 한다. 본 논문에서는 도로 영역의 Histogram의 빈도수를 조사하여 대강의 도로 표면을 추출하고자 한다. 첫 번째 분할 과정을 통해 도로 부분만 남게 된 상황에서 도로 부분의 Histogram을 구하게 된다. 영상이미지가 도로 환경이라는 점에 착안하여, 도로 영역이 영상 이미지에서 상당히 많은 부분을 차지하게 된다는 조건을 가지게 된다. 즉, 명도 값의 빈도수가 가장 많은 부분이 도로 영역의 화소가 많이 포함된 부분이라 볼 수 있다. 이 명도 값을 기준으로 영상을 분할하면, 어두운 조명에서도 대강의 도로 표면을 추출 할 수 있다.

대강의 도로 표면을 획득하면 도로 표면에 대한 정균 분포를 구한다. 그림자 영역의 명암도 값은 도로 평균값의 명암도 값보다 이하이기 때문에 적절한 Threshold값을 설정해주어야 한다. Threshold값은 edge-based module에서 사용한 평균과 표준편차를 이용하여 구한다. 본 논문에서는 Histogram의 빈도수를 이용하여 어두운 조명에서도 도로 표면을 원활히 추출한 상태에서 다수의 영상의 실험결과 Threshold = $m - 3\sigma$ 로 설정하여 도로 영상에서 차량 하단의 그림자 영역을 분할하였다.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \quad (10)$$

2.3 수평 에지 추출

차량 하단의 그림자는 대부분 수평성분을 띠고 있다. 영상을 밑에서 위로 스캔을 하며 어두운 영역에서 밝은 영역으로 변하는 지점을 관심영역으로 표시 하고, 이 반대의 경우는 관심영역에서 벗어나기 때문에 표시하지 않는다.

즉, 관심 영역으로 표시된 이미지와 이전 단계에서 분할되어진 그림자 이미지를 AND연산하여 최종적으로 수평에지만 가진 영상을 추출하게 된다.

$$D(u,v) = \begin{cases} 1: (I(u,v+1) - I(u,v)) \geq V_{thres} \wedge I(u,v) \leq S_{thres} \\ 0: \text{else} \end{cases}$$

V_{thres} : 그레이 레벨의 차이 값

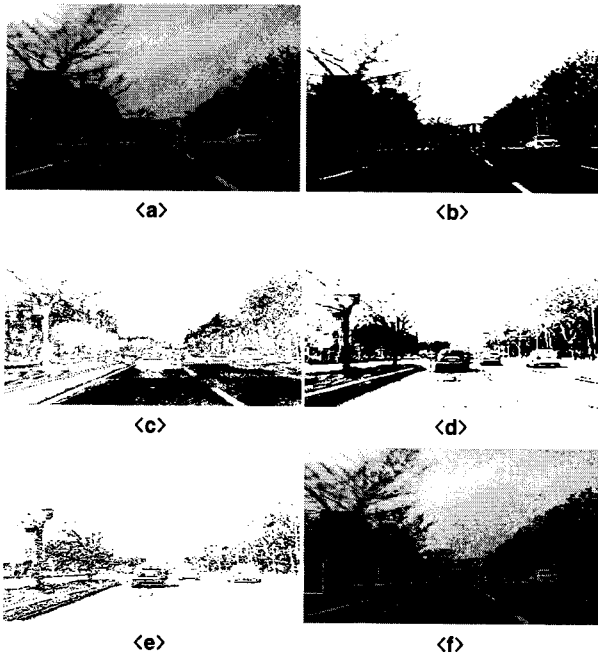
S_{thres} : 그림자 영역을 분할하기 위한 Threshold

2.4 ROI(Region Of Interest) 설정

영상 분할 과정과 수평 에지 추출 과정을 통하여 최종적으로 차량 하단의 그림자가 포함된 수평 에지 성분을 얻게 된다. 이 영상 이미지에서 하위에서 상위로 스캔을 하면 이웃하는 수평 라인 길이가 연속적으로 8-pixel 이상인 것을 차량하단의 그림자 영역이라 가정하고 ROI를 설정한다. ROI수평 길이는 그림자의 길이로 설정하고, 수직 길이는 큰 버스의 크기로 길이를 설정한다.

2.5 실험 결과

본 실험에서는 초당 35Frame 입력의 CMOS 카메라를 차량의 전방에 장착하여 일반 도로(경북 도청~대구 성서)를 시험 도로로 정하여 시속 40~100km/h의 주행 속도로 영상을 획득하였다. 영상 처리는 Microsoft Visual C++ 6.0과 Open CV를 이용하여 수행하였다. 영상의 크기는 320×240을 이용하였으며, 실험 결과 초당 10프레임이 영상 처리 결과를 나타내었다.



〈그림 1〉 흐린 날씨에서 전방 차량 인식 결과

- | | |
|---------------------|---------------------|
| (a) 원 영상 이미지 | (b) Otsu를 이용한 영상 분할 |
| (c) 화소 값을 이용한 도로 추출 | (d) 그림자 검출 |
| (e) 수평 에지 추출 | (f) 전방 차량 검출 |

3. 결 론

본 논문에서는 차량 하단의 그림자를 토대로 한 edge-based module방법을 개선하여 전방 차량을 검출하였다. 기존의 edge-based module방법은 적절한 Threshold값을 설정하기 위해 도로 표면을 추출하는 과정에서 조명 조건이 좋아야 한다는 문제점을 가지고 있다. 개선된 edge-based module방법은 영상을 순차적으로 분할하면서 어두운 조명에서도 좀 더 효율적으로 도로 표면을 추출하고, 차량의 그림자를 도로 영상에서 분할 할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms", IEEE Trans. on System Man Cybernetics, vol. SMC-9. no. 1. pp. 62-66. 1979.
- [2] C. Tzomakas and W. von Seelen, "Vehicle Detection in Traffic Scenes Using Shadows", Institut fur Neuroinformatik, Ruhr-Universitat, Bochum, Germany, Inter. rep. IR-INI 98-06, 1998.
- [3] H. Mori and N. M. Charkari, "On-Line Vehicle and Pedestrian Detections Based on Sign Pattern", IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol 41. no. 4, pp 384-391, 1994.
- [4] M. B. V. Leeuwen and F. C. A. Groen, "Vehicle Detection with a Mobile Camera" - Sporting Midrange, Distant, and Passing Cars, IEEE Robotics & Automation Magazine March, pp. 37-42, 2005.