

프레임간 차를 이용한 교차로 영상에서 차량검지 및 추적 기법

이대호⁰, 박영태
경희대학교 전자공학과

nize@kvision.kyunghee.ac.kr, ytpark@khu.ac.kr

Vehicle Detection and Tracking by Frame Difference in Intersection Images

Dae-Ho Lee⁰, Young-Tae Park

Dept. of Electronic Engineering, Kyunghee University

요 약

지능형 교통 시스템(ITS)은 1) 도로의 상황 분석과 2) 위반 차량의 검지를 자동으로 수행하여 원활한 교통 제어를 제공하는 목적을 가지고 있다. 본 논문에서는 교차로에서 위반 차량을 검지하기 위하여 도로위의 차량을 검지하고 차량의 진행 경로를 추적하는 기법으로 주간에는 배경 영상을 사용하지 않고 프레임간의 차를 이용하여 차량의 움직임 정보를 추출하고 야간에는 전조등을 검출하여 차량을 추적하는 기법으로 주간은 경우 차량의 움직임만을 검지하므로 칼만 필터(Kalman Filter) 등에 의한 예측이 불가능하므로 현재 위치와 진행 방향으로 움직임 정보를 추적하는 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 주간 그림자의 영향과 야간의 난반사의 영향을 제거할 수 있고 입력 영상을 320×240으로 축소하여 초당 10프레임 이상을 처리하므로 정확한 차량의 움직임을 추적할 수 있다.

1. 서론

교통 영상에서 차량을 추적하는 기법으로 Kilger[1]는 배경영상과의 차영상에서 추출된 차량을 연속되는 프레임에서 추적하고 도로상의 3차원 모델좌표에 mapping 함으로써 차량의 속도를 산출하는 기법을 제안하였다. Koller의 기법[2]에서는 Closed cubic spline에 의해 표현되는 모델 차량 형상을 사용하고 이미 알고 있는 카메라의 위치와 방향을 가정하여 차량 존재 영역의 수직좌표를 비교함으로써 차량을 검출하였다. Roberts[3]는 “view schetch”라 불리는 선 세그먼트 모델과 칼만 필터(Kalman Filter) 및 맵(MAP)추정기법을 사용하여 차량의 3차원 자세를 추정하였다. Ikeda[4]는 배경영상과의 차영상에 임계치를 적용한 이진영상에서 차량의 위치를 검지하고 각 차량을 구성하는 사각형들의 중첩된 정도를 가지고 분리 및 병합과정을 거쳐 중첩된 차량을 분리하여 추적하는 기법을 제시했다. 차량의 윤곽선을 이용한 차량검지 및 추적기법[5]에서는 물체의 윤곽선 정보를 기반으로 칼만 필터(Kalman Filter)에 의해 움직임 정보를 추출하고 연속된 프레임에서 추적하였다. 배경 영상과의 차영상에서 차량의 검출 기법은 배경 영상의 추출이 어려운 문제점이며 그림자의 영향이 상당히 크다. 그러나 프레임간의 차영상에 의한 차량 검출은

차량의 움직임이 발생하지 않거나 차량의 움직임이 너무 느린 경우 차량 검출이 곤란하나 보조적으로 배경 영상을 사용하여 보완할 수 있다. 차량의 추적에 있어 칼만 필터(Kalman Filter)가 우수하게 적용될 수 있으나 정확한 차량의 움직임 영역이 검출되면 예측 필터없이 차량의 연결이 가능하다.

본 논문에서는 교차로에서 차량의 진행 경로를 판단하기 위해 차량의 움직임을 추적하는 기법으로서 배경 영상을 사용하지 않고 주간 영상에 대해서는 프레임간의 차영상으로 차량 움직임 정보를 산출하고 야간 영상에 대해서는 전조등을 검출하여 교차로 영상에서 차량의 진행 경로를 추적하는 기법을 제시한다.

2. 주간 교차로 영상의 차량 검지 기법

교차로 영상에서 한쪽 방향으로 진행하는 차량의 추적은 검지 영역과 추적 영역을 설정하여 차량을 먼저 검지하고 검지된 차량을 추적하여야 하므로 본 논문에서는 차량의 검지는 카메라와 마주보는 도로의 정지선을 검지 영역으로 화면 전체를 추적 영역으로 설정하였다. 본 논문에서 도로 영상의 배경을 사용하지 않고 차량을 검지하므로 현재 프레임과 이전 프레임의 차에 의해 차량을 추정한다. 두 프레임간의 차에 의해 차량을 검지하는 기법이므로 단위 시간당 처리 프레임수가 높고

차량의 움직임이 크지 않다는 가정에서 적용될 수 있다. 현재와 이전 프레임의 영상에서 움직임이 나타나면 차 영상은 움직인 물체에 대한 정보를 가지고 있다. 차 영상에 의한 움직인 물체의 추정에는 배경과 영상의 화소값의 차가 적은 경우 낮은 화소값을 가지므로 이전 영상에 대한 가중치를 설정하여 배경과 비슷한 화소를 가지는 차량까지도 추출하도록 차영상을 식 (1)와 같이 계산한다. 단순한 차 값에 의한 차 영상의 획득은 움직임 변화량에 민감하지 못하고 도로 영상과 같이 어두운 영상에서 움직이는 어두운 차량은 낮은 값을 나타내게 된다. 차 영상의 이진화는 식 (2)와 같이 히스토그램 쉐더(shoulder)를 경계로 이진화 한다. 이는 입력 영상의 명암에 관계없이 정확한 이진화를 할 수 있다.

$$S(x,y) = |C(x,y) - P(x,y)| \times \frac{M}{C(x,y)} \quad (1)$$

여기서, $P(x,y)$, $C(x,y)$ 는 이전과 현재 프레임의 영상, M 은 최대 영상 화소값이다.

$$T = \arg \max_i \text{dist}(i) \quad (2)$$

여기서, $\text{dist}(i)$ 는 히스토그램 값과 히스토그램 분포의 경계 직선과의 거리이다.

이진화한 차영상은 차량의 증거를 검지하기 위하여 연결 영역 검색에 의해 외부 사각형으로 라벨화하여 차량 영역을 검지한다. 차 영상에 의한 차량의 검지는 차량의 내부에서의 변화가 없을 수 있으므로 차량의 검지 결과는 두 개의 영역으로 나타날 수 있다. 도로상의 차량의 속도의 최고값과 입력 영상의 프레임간의 시간을 고려하면 차량의 움직임 영역은 차량의 크기와 많은 차이를 나타내지 않는다. 또한 차량이 근접하게 붙어 있는 경우는 차량의 속도가 느리고 차량의 속도가 빠른 경우는 차량의 진행 방향으로 두 대 이상의 차량의 연결되는 경우는 극히 드물다. 동일한 차량의 경우 연결 영역의 외부 사각형 영역이 중첩되거나 근접하게 존재하며 연결 영역이 중첩되지 않는 동일한 차량의 증거에서 상하 움직임 영역의 면적은 이동한 길이가 같으므로 동일하다. 주간 도로 영상에서 차량을 분리할 때 그림자가 존재하여 차량 영역과의 구분이 어렵다. 본 논문에서 제안하는 기법은 프레임간의 변화량을 계산하여 차량을 검지하기 때문에 동적인 그림자에 영향을 받지 않으나 정적인 차량의 그림자에 민감하다. 이러한 그림자는 차량과 연결되어 있기 때문에 차량의 그림자 제거는 필수적이다. 차량의 그림자의 움직임 영역은 비슷한 화소값의

움직임으로 그림자 외부에 검출이 되며 그림자는 도로의 화소값보다 조금 낮기 때문에 식 (3)의 τ 에 의해 그림자 영역을 제거하면 정확한 차량의 위치를 판별할 수 있다. 차량의 폭이 차선의 폭에 대해 큰 경우 τ 를 설정하여 그림자 영역을 제거하게 되는데 τ 는 차량의 진행 방향으로 투영된 움직임 값의 변화량이 가장 큰 값이다.

$$\tau = \arg \max_i \frac{\Delta \text{Proj}(i)}{\Delta i} \quad (3)$$

여기서, $\text{Proj}(i)$ 는 움직임의 투영 값이다.

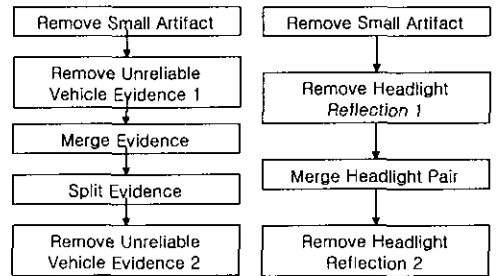


그림 1. 주간 차량 검지 및 야간 전조등 검지

3. 야간 교차로 영상의 차량 검지 기법

야간 교통 영상에서는 전조등이 심하게 도로에 반사하고 전조등에 의한 영상 전체의 히스토그램 분포가 변화하기 때문에 주간과 동일한 차량 검출 기법을 적용하기는 어렵다. 따라서 야간 교통 영상에서 차량의 정확한 증거인 전조등을 검출이 가장 확실한 방법이므로 본 논문에서도 야간에는 전조등 검출에 의해 차량을 검출한다. 야간 전조등 검출 기법은 전조등의 높은 화소값을 이용하므로 높은 임계치로 이진화하여 그림 1과 같이 전조등 증거를 찾게 된다. 연결 영역 내에 에지 분포가 낮은 경우 반사 영역으로 제거하고 인접한 전조등과 합병하여 전조등 쌍을 검출하게 되며 전조등이 매우 인접한 경우는 앞부분의 반사이거나 이전 차량의 미등이므로 제거하여 전조등을 검출하게 된다.

4. 차량의 추적

차량의 추적은 그림 2(a)와 같이 동작하는 칼만 필터(Kalman Filter)로 이전의 차량의 위치 정보를 이용하여 미리 차량의 위치를 예측하므로 정확한 차량의 움직임을 검출할 수 있으나 본 논문에서는 차량의 정보를 이용하여 차량의 추적 범위를 설정하고 이동거리와 차량의 방향 정보를 이용하여 차량의 움직임이나 전조등

을 추적한다. 차량의 추적은 그림 3과 같이 현재 차량의 위치와 증거 차량 위치와의 거리, 방향의 최소값으로 결정된다. 식 (4)와 같이 움직인 거리는 유클리드 거리를 사용하고 방향은 현재 누적된 움직임 방향과 차량 증거와의 방향의 최소 각도를 사용하였다. 움직임이나 전조등의 크기 정보를 이용하여 추적할 경우 움직임이 클수록 크기가 증가하고 방향에 따라 전조등의 크기도 달라지므로 많은 오류가 나타났기 때문에 사용하지 않았다.

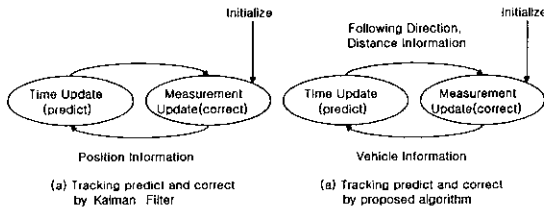


그림 2. 칼만 필터와 제안하는 알고리즘

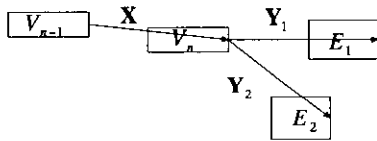


그림 3. 차량 추적 기법

$$M = aD_1 + bD_2 \quad (4)$$

D_1 : Euclidean Distance

$$D_2 = \text{acos}\left(\frac{X \cdot Y}{|X| |Y|}\right) / \pi \quad (\text{Following Direction})$$

a, b : weight

5. 실험 결과

실험은 분당에 위치하는 교차로에서 편도 2차선에 대하여 차량의 진행을 판별하는데 사용하였고 차량의 최초 검출은 횡단보도에 설치된 루프에서 신호가 검지되면 검지선에서 검지된 차량을 FIFO에 저장하도록 하여 추적하였다. 기상 조건은 어둡거나 밝은 주간 영상과 야간 영상을 이용하였다.

차량의 검지가 추적 프로그램에서 오류를 나타내도 루프에서 신호를 받지 않으면 추적을 하지 않으므로 실시간으로 동작하는 경우 매우 높은 정확도를 보였다. 차량 검지 과정은 그림 4와 같고 차량의 이동 경로는 그림 5와 같이 누적되어 표시하였다.

루프와 연동하여 실시간으로 일주일간의 테스트

결과 주간 교통 상황에서 그림자가 존재하는 경우를 포함하여 95%이상의 검지의 정확도와 90%이상의 정확한 추적을 나타냈고 야간 교통 상황에서는 95%이상의 검지의 정확도와 80%이상의 정확한 추적을 나타냈다. 야간에 추적이 정확하지 않게 나온 것은 전조등이 보이지 않는 각도로 차량이 진행하는 경우가 대부분이었다.

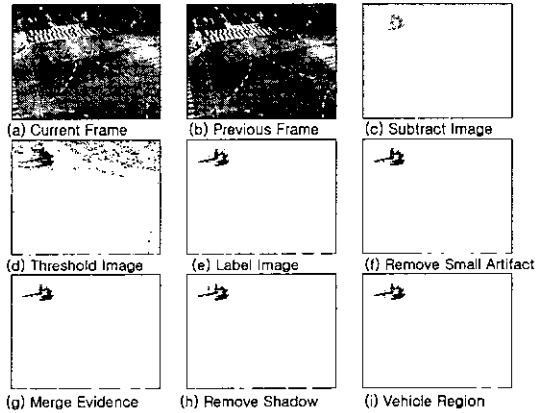


그림 4. 차량 검지 과정

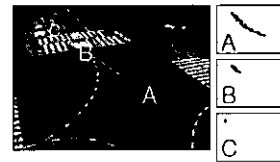


그림 5. 차량의 추적 결과

참고 문헌

- [1] M. Kilger, "A shadow handler in a video-based real-time traffic monitoring system," IEEE Workshop Appl. Computer Vision 11, 127-147, (1993).
- [2] D. Koller, K. Daniilidis, H. Nagel, "Model-based object tracking in monocular image sequences of road traffic scenes," Intern. Journal of Computer Vision, 10(3), pp.257-181, (1983).
- [3] J. Roberts and D. Charnley, "Attentive visual tracking," Proc. British Machine Vision Conference, Guildford, UK, pp. 459-468, (1993).
- [4] Toru Ikeda, Shin'ichi Ohnaka, Masanori Mizoguchi, "Traffic Measurement with a Roadside Vision System," IEEE Proceedings of ICPR '96, pp 859-864, (1996).
- [5] D. Koller, J. Weber, T. Huang, J. Malik, G. Ogasawara, B. Rao, S. Russell, "Towards robust automatic traffic scene analysis in real-time." In ICPR, Israel, November (1994)