

국부 다중 영역 정보를 이용한 교통 영상에서의 실시간 차량 검지 기법

이대호, 박영태

경희대학교 전자공학과

전화 : (0331) 201-2959 / 팩스 : (0331) 203-4968

Real-Time Vehicle Detection in Traffic Scenes using Multiple Local Region Information

Daeho Lee, Youngtae Park

Dept. of Electronics Engineering Kyunghee University

recogniz@cvs2.kyunghee.ac.kr, ytpark@nms.kyunghee.ac.kr

Abstract

Real-time traffic detection scheme based on Computer Vision is capable of efficient traffic control using automatically computed traffic information and obstacle detection in moving automobiles. Traffic information is extracted by segmenting vehicle region from road images, in traffic detection system. In this paper, we propose the advanced segmentation of vehicle from road images using multiple local region information. Because multiple local region overlapped in the same lane is processed sequentially from small, the traffic detection error can be corrected.

1. 서론

컴퓨터비전에 기반한 교통영상 분석기법은 루프 검지기의 단점을 보완할 수 있는 기법으로서 1) 전체 영상에서의 차량검지와 추적에 의한 기법[1, 2]과 2) 국부영상의 시공간 영상 분석에 의한 기법[3, 4]의 두 가지 방향으로 많은 연구가 진행되어 왔지만 대부분의 기법들은 기후조건의 변화나 그림자의 영향에 견실한 특성이 검증되지 않았고 실시간 처리가 어려운 단점을 가지고 있다. 현재 일부 실용화되어 있는 영상검지 시스템으로는 Autoscope[3]를 들 수 있다. 영상의 국부영역만을 캡처하여 처리하므로 처리속도가 매우 빠르고 별도의

하드웨어 없이 교통정보를 실시간으로 산출할 수 있지만 그림자, 날씨의 변화 등의 동작조건의 변화에 민감하고 동작조건의 변화에 따라 검지기의 파라미터 설정을 변경시켜 주어야 하는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 이와 같은 단점을 보완하기 위해 각 차선마다 세 개의 검지 영역을 설정한 새로운 차량 검지 기법을 제안한다. 세 개의 검지 영역은 1) 차량의 통과 여부를 검지할 수 있는 라인 영역 센서, 2) 차량의 앞부분을 검지할 수 있는 국부 영역 센서 1, 3) 차량의 전체를 판별할 수 있는 국부 영역 센서 2로 구성된다. 제안하는 차량 검지 기법은 다중 영역 정보에 의해 오류를 수정하므로 차량과 그림자를 정확히 판별할 수 있으며 국부 영상 정보만을 사용하므로 실시간 처리가 가능한 이점이 있다.

2. 검지 영역과 국부 다중 영역의 설정

본 논문에서 제안하는 기법은 여러 도로를 한 대의 시스템으로 모니터링하며 여러 도로 영상은 PC의 외부 버스 인터페이스를 통하여 디지털 영상으로 시스템에 입력되어진다. 입력된 영상은 제한된 국부 다중 영역 영상만을 선택적으로 전송하며 모니터링 프로그램에서도 선택적으로 처리한다. 검지 영역의 설정은 수동으로 이루어지는데 그림 1(a)와 같이 차선과 차량의 진행 방향에 맞추어 검지 영역을 입력한다. 검지 센서는 그림 1(b)와 같이 세 가지 부분으로 나뉜다.

수동으로 설정되어진 검지선에 의해 자동으로 검지 센서가 결정되고 사용자에게 의해 검지선간의 실제 거리가 입력되어지면 차량 검지에 의해 교통 정보를 산출한다. 라인 영역 센서(Line Region Sensor : L Sensor)에 의해 프레임의 변화가 검출되고 변화가 검출되어진 경우에만 국부 영역 센서 1(Local Region Sensor 1 : L Region 1)의 처리가 이루어지고 국부 영역 센서에서 차량의 앞부분 증거(Front Evidence)가 검지되면 국부 영역 센서 2(Local Region Sensor 2 : L Region 2)에 의해 앞부분 증거(Front Evidence)가 검증되고 차량을 판별하고 차량일 경우 템플릿 영상을 저장하여 다음 프레임부터 차량을 추적하고 차량 추적에 의해 교통 정보를 산출한다.(그림 2).

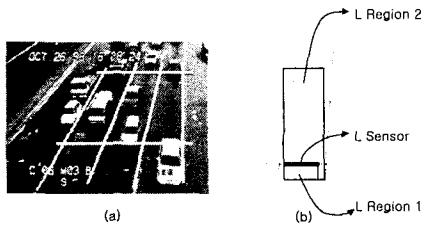


그림 1. 검지 영역과 국부 다중 영역

3. 변화 검지

라인 영역 센서에서는 프레임간의 변화를 검지한다. 변화가 검지된 경우에만 현재 프레임에 대한 처리를 수행하고 변화가 없는 프레임은 다음 프레임의 입력을 기다린다. 차량이 정지한 경우나 차량 내부 영상이 비슷한 경우 또는 도로 영상과 같이 균일한 영상에 대해서는 차량의 검지나 추적이 수행되지 않으므로 실시간으로 구현할 경우 처리량을 상당히 줄일 수 있다. 그러나 어두운 차량과 그림자로의 변화와 같이 변화량이 적은 경우도 검지해야 하기 때문에 예민한 검지가 이루어져야 한다. 본 논문에서는 배경 영상을 사용하지 않고 특징 비교를 하여 변화를 검지하는데 이전 프레임의 통계적 특징과 현재 프레임의 특징을 비교하여 판단한다. 계산되어지는 통계적 특징은 평균(μ), 표준 편차(σ), 이분된 영상의 표준 편차(σ_1, σ_2), 이분된 영역의 비율(R_s)이다. 이 특징들의 비교 방법을 식(1)~(5)와 같이 단계적으로 구분한다. 식 (1)에서 식 (5)의 과정은 분명한 변화의 구분에서 예민한 변화를 구분하는 순으로 나열한 것인데 그림자와 어두운 차량으로의 변화와 같이 시각적으로 식별하기 어려운 변화도 검지된다. 그러나 이러한 예민한 검지는 오류를 많이 발생할 가능성을 가

지고 있다. 오류 검지는 식 1의 경우는 1%, 식 2, 3, 4는 3%이내이지만 식 5는 차량에 의한 변화가 아닌 경우를 변화로 검지하는 오류가 5%이상이다. 따라서 변화의 검지는 앞부분 증거 검지에 의해 검증하고 차량을 판별한다.

$$M(\mu_p, \mu_c) > (m(\mu_p, \mu_c) + 0.5 \times M(\sigma_p, \sigma_{cr})) \quad \text{식 (1)}$$

$$M(\sigma_p, \sigma_c) > (1.5 \times m(\sigma_p, \sigma_c)) \quad \text{식 (2)}$$

$$M(\sigma_{1p}, \sigma_{1c}) > (1.5 \times m(\sigma_{1p}, \sigma_{1c})) \quad \text{식 (3)}$$

$$M(\sigma_{2p}, \sigma_{2c}) > (1.5 \times m(\sigma_{2p}, \sigma_{2c})) \quad \text{식 (4)}$$

$$M(SR_p, SR_c) > (1.5 \times m(SR_p, SR_c)) \quad \text{식 (5)}$$

* SR : the ratio of bright pixels

* histogram segment value = μ

* M : maximum value, m : minimum value

* Subscript p, c : previous frame, current frame

* Subscript 1, 2 : upper, lower histogram

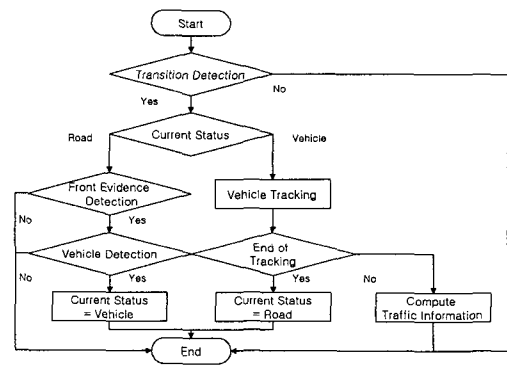


그림 2. 국부 다중 영역을 이용한 차량 검지

4. 앞부분 증거 검지

정적인 검지 영역에서 동적인 차량의 흐름을 처리하기 때문에 차량의 앞부분을 검지하는 것은 차량의 정보를 계산하는데 효과적이다. 차량은 일정한 높이를 가진 3차원 형상이기 때문에 앞부분에 가장 어두운 그림자가 존재한다. 주간 교통 영상에서 차량의 앞부분은 어두운 영상을 조사하여 앞부분 증거를 찾게 된다. 그림 3은 차량의 앞부분과 그림자의 앞부분 영상인데 모두 연결 영역의 특성이 차량의 앞부분 특성과 동일하지만 그림자에 의한 앞부분은 차량 쪽으로 갈수록 더욱 어두운 특성을 나타내므로 연결 영역의 위치가 차량 반대쪽에 위치한 경우를 차량 앞부분 증거로 판별한다. 이러한 검지 기법에 의해 차량의 앞 그림자를 차량의 앞으로 검지하는 오류를 줄일 수 있다.

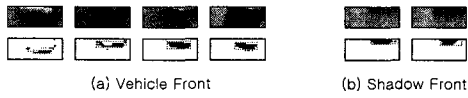


그림 3. 차량 앞부분 검지

5. 차량 검지와 차량 추적

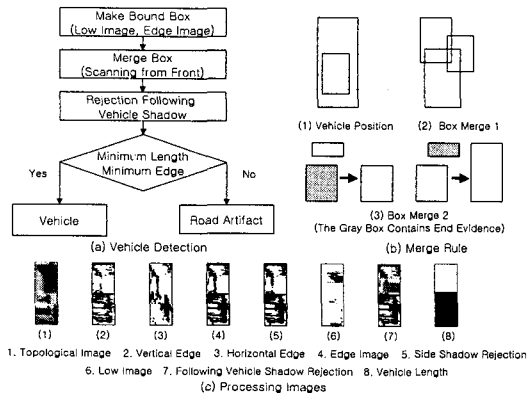
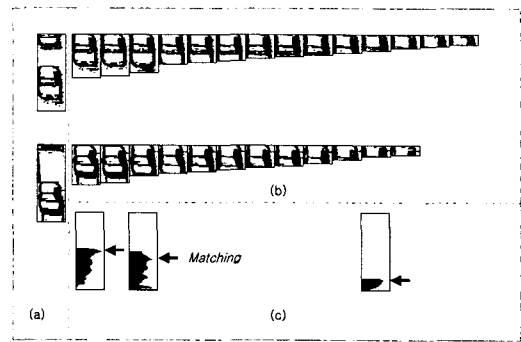


그림 4. 차량 검지

앞부분 증거가 검지되면 차량의 특징을 이용하여 차량을 검지한다. 도로 위의 차량은 도로와의 경계가 뚜렷한 에지를 가지는 특징을 가지고 있다. 국부 영역 센서 2는 차선 정보를 통해 위상적 변환(Topological Processing)을 행하여 차량의 진행 방향을 국부 영역 센서 2와 수직으로 만들어 차량의 영역을 수직, 수평 에지에 의해 찾게 한다. 위상적 변환을 한 영상을 그림 4(c)와 같이 에지 영상과 어두운 영상으로 변환하여 차량을 검출하는데 두 영상의 연결 영역을 검색하여 Bound Box를 만들어 그림 4(a)와 같이 차량을 판별한다. 주간 영상의 경우 많은 시간대에 다양한 모양의 그림자가 존재하는데 그림자의 특징[5]을 제거하기 위하여 수평 방향으로 한 개만 에지가 존재하는 경우 에지를 제거한다. 이것은 정적인 그림자와 앞 차선의 그림자는 대부분이 검지 영역에 걸치는 그림자로 존재하기 때문이다. 그림 4(c-4)는 수평 에지와 수직 에지를 합한 것이고 그림 4(c-5)는 수평축의 한 개의 에지를 제거한 것이다. 이러한 경우 한 대의 차량도 여러 개의 Bound Box를 가지게 되는데 그림 4(b)와 같은 합병 규칙으로 합병한다. 합병 규칙은 가장 앞의 Bound Box부터 검색하여 Bound Box가 라인 영역 센서 아래에 한 개라도 걸쳐 있어야 하고(그림 4(b-1)) Bound Box가 중첩되는 경우

(그림 4(b-2)) 합병한다. 또 그림 4(b-3)에서와 같이 Bound Box의 위쪽에 차량의 끝부분 증거(End Evidence)가 존재하지 않으면 끝부분 증거가 존재하는 Box와 합병한다. 차량의 끝 부분 증거는 Box의 끝 부분에 수평방향으로 긴 에지 성분이 존재하는 경우이다. 뒤따라오는 차량은 앞부분에 어두운 영상을 가지고(그림 4(c-6)) 그림자 내부에는 에지를 가지고 있지 않으므로 현재 차량에 뒤따라오는 차량의 그림자에 의해 연결되어진 차량 영역은 현재의 차량 영역에서 제거한다(그림 4(c-7)).



(a) Template Image (b) Tracking Images (c) Matching graph

그림 5. 차량 추적

검지 차량의 추적은 그림 5와 같이 처음에 검지된 차량의 에지 영상을 템플릿으로 정하여 차량의 진행 방향으로 정합하여 정합률이 가장 높은 위치를 추적 위치로 결정한다. 차량의 앞 뒤의 에지가 비슷하기 때문에 오류를 최소화하기 위하여 최대 추적 길이를 이등분하여 최고 정합률을 비교하여 추적 위치가 긴 지점에 가중치를 곱하여 정합 위치를 결정한다.

6. 교통 정보의 산출

교통 정보 파라미터는 각 차선별 차량 통과수, 속도, 도로 점유율, 차량 길이, 차간 거리 등이 있고 각 파라미터의 산출 기법은, 차량이 검지된 수를 차선 별로 누적하여 차량 통과수(P_p)를 산출하고 미리 입력된 검지 영역의 실제 길이에 대한 비율로 차량 길이(P_l)를 얻고 프레임간의 시간차와 프레임간의 차량 이동 길이에 의해 차량의 속도(P_v)를 계산한다. 도로 점유율(P_a)은 전체 프레임에 대한 차량이 검지 또는 추적되는 프레임의 비율에 의해 차간 거리(P_b)는 검지 차량간의 프레임 차와 차량 속도에 의해 산출한다.

7. 실험 결과 및 결론

본 논문에서 제안하는 기법에 의해 다양한 기상 조건의 데이터에 대해 각각 5000프레임 이상 실험을 실시했다(그림 6). 실험 데이터는 반포 대교에서 한남대교에 이르는 올림픽 대로의 영상으로 그림자가 없는 시간대와 그림자가 존재하는 시간대 등 다양한 기상 조건의 비디오 영상을 초당 15프레임의 크기가 320×240이고 256 레벨의 그레이 영상으로 변환한 데이터를 사용했다. 또한 카메라의 위치에 따른 영향을 고려하여 1, 2, 3차선에 대한 실험을 하였다. 다양한 기상 조건에서 차량을 정확하게 검지한 정확도(Accuracy Rate)와 차량을 검지하지 못하거나 차량이 아닌데 검지하거나 여러대의 차량을 한 번에 검지한 오검지율(False Alarm)은 표 1과 같다. 또한 실시간 처리의 가능성을 검증하기 위하여 30프레임의 평균 처리시간을 표 2에 나타냈다. 실험은 펜티엄 III 450MHz PC에서 수행되었고 표 2는 동시에 처리하는 차선 수별로 처리시간을 나타냈다. 표 2의 결과에서 보듯이 몇 개의 도로를 동시에 한 시스템에서 모니터링이 가능함을 알 수 있다.

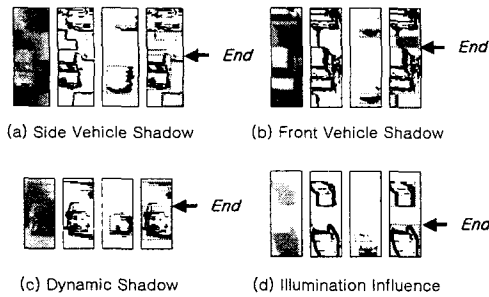


그림 6. 실험 결과

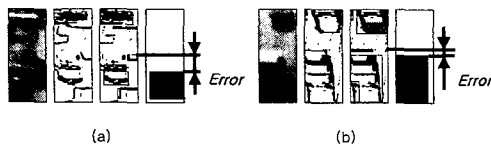


그림 7. 오 검지의 예

실험 결과를 통해 실시간으로 교통 정보 산출 시스템으로의 상용화가 가능함을 검증할 수 있다. 그러나 다양한 교통 상황에서의 높은 정확도(95% 이상)로 구성하기 위해서는 그림 7(a)와 같이 예지가 분명하지 않은 영상에서의 검지와 그림 7(b)와 같이 Bound Box

의 정확한 연결을 위한 알고리즘 개선이 이루어지고, 실시간 처리를 위한 인터페이스 보드의 구성과 모든 시간대에 사용이 가능하도록 전조등 쌍 검출에 기반한 야간 검지 알고리즘[6, 7]의 추가가 이루어져야 할 것이다

표 1. 차량 검지의 정확도

Condition	False Alarm	Accuracy Rate
Normal	1.45(%)	98.55(%)
Shadow	8.48(%)	83.05(%)
Illumination	12.28(%)	88.68(%)

표 2. 검지 차선 수에 대한 처리 시간

Detection Lane	Processing Time(ms/30frames)
1	149.069
2	367.898
3	415.717

참고 문헌

- [1] S.M. Smith and J.M. Brady, "ASSET-2: Real-Time Motion Segmentation and Shape Tracking", IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol. 17, No. 8, pp. 814-819, 1995
- [2] M. Kilger, "A shadow handler in a video-based real-time traffic monitoring system", IEEE Workshop on Application of Computer Vision 11, pp. 127-147, 1993
- [3] G Micalopoulos, "Vehicle detection through video image processing : the AUTOSCOPE system", IEEE Transactions on Vehicular Technology, 40, pp. 21-29 1991
- [4] Lambert Wixson, "Illumination Assessment for Vision-Based Traffic Monitoring", Proceedings of the 13th International Conference on Pattern Recognition, Vol. 3, pp. 56-62, 1996
- [5] Jiang Zifeng and Shaanxi Province, "A shadow rejection algorithm for vehicle presence detection", IEEE International Conference on Intelligent Vehicles, pp. 182-188, 1998
- [6] 박세제, 이영재, 박영태, "교통 영상에서의 차량검지 기법에 관한 연구", 제11회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵(IPIU) 발표 논문집, pp. 159-164, 1999
- [7] 이대호, 박영태, "영역 분류와 시공간 영상 분석에 의한 실시간 교통정보 파라미터 산출기법", 제12회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵(IPIU) 발표 논문집, pp 347-352, 2000