

논문 2006-43TC-9-9

영상 분석에 기반한 교통 모니터링 시스템에 관한 조사

(A survey of traffic monitoring systems based on image analysis)

이 대 호*, 박 영 태**

(Daeho Lee and Youngtae Park)

요 약

영상 정보를 이용한 교통 모니터링 시스템에 관한 많은 연구가 이루어졌다. 대부분의 교통 모니터링 기술은 전체 영상을 분석하는 기법과 국부 영역을 검사하는 기법으로 구분된다. 하지만, 제안된 대부분의 기법들은 동작 환경이 변화할 경우 강건성의 결여로 인해 성능이 급격히 저하하는 문제점을 갖고 있다. 본 논문에서는 기존의 논문에서 제안되었던 다양한 기법들의 특성을 조사하고, 장점과 단점을 분석한다. 또한 각 응용 분야마다 영상 처리를 이용하는 기법들이 가지고 있는 문제점들을 해결할 수 있는 적절한 방법을 고찰한다.

Abstract

A number of researches on vision-based traffic monitoring system have been carried out. Most of traffic monitoring schemes belong to one of two categories: analyzing of entire traffic scene and examining of local region. However, the proposed methods suffer from severe performance deterioration when applied in different operating conditions because of the loss of robustness. This paper is aimed at surveying various methods proposed and analyzing the advantages and disadvantages of these methods. Also we propose and investigate appropriate approaches to solve the problems in specific applications.

Keywords : Traffic monitoring, image processing, vehicle detection, vehicle tracking

I. 서 론

첨단 교통 정보 체계(advanced traveler information systems, ATIS)는 지능형 교통 체계(intelligent transport system, ITS)의 한 분야로서, 교통 상황, 최단 거리 등의 정보를 운전자와 여행자들에게 실시간으로 제공하는 시스템으로 도로의 교통 상황을 실시간으로 모니터링할 수 있어야 한다^{[1][2]}. 현재 대부분의 교통 모니터링 시스템은 유도 루프 검지기(inductive loop detector, ILD)로 구현되어 있으나, 비용과 유지 보수 측면에서 유리한 영상 정보를 이용한 모니터링 기법에

관한 연구가 매우 많이 이루어지고 있다.

영상 정보를 이용하는 교통 모니터링 시스템은 전체 영상을 분석하는 방법과 국부 영역을 검사하는 기법으로 나눌 수 있다^[3]. 전체 영상을 분석하는 기법은 도로 영역에서 차량을 검출하고 추적하는 기법으로 이루어지고, 국부 영역을 검사하는 기법은 국부 영역에서 차량의 존재 유무를 판별하는 기법이다. 카메라에서 획득되는 영상은 2차원 영상으로 투영되어 나타나므로, 카메라와의 거리가 먼 위치는 상대적으로 분석하기 어렵다. 따라서 통과 차량의 계수와 평균 속도 등을 분석하는 것은 국부 영역을 검사하는 방법이 전체 영상을 분석하는 방법보다 정확하다. 그러나 단일 차량의 움직임을 분석하는 경우에는 전체 영상을 분석하여야 한다.

전체 영상을 분석하는 방법은, 시간적 정보를 이용하지 않고 차량을 분리하는 기법과 시간적인 정보를 이용하는 기법이 있다. 시간적인 정보를 이용하는 기법은 배경 영상을 이용하는 기법과 움직임 정보를 이용하는

* 정회원, 경희대학교 교양학부
(Faculty of General Education, Kyung Hee University)

** 정회원, 경희대학교 전자정보대학
(College of Electronics & Information, Kyung Hee University)

접수일자: 2006년8월14일, 수정완료일: 2006년9월11일

기법으로 나뉜다. 국부 영역을 검사하는 기법은 국부 영역의 에지, 변화량 등의 특징을 이용하여 차량과 비차량(도로, 그림자, 반사)을 분류하는 기법과 시공간 영상을 분석하는 방법 등이 있다. 대부분의 국부 영역을 검사하는 기법들은 가상의 루프 검지기처럼 동작하며 사용자가 검지 영역을 차선별로 설정한다.

영상 정보를 이용하는 다양한 교통 모니터링 시스템에 대한 조사는 Sun^{[4][5]}과 Kastrinaki^[6]에 의해 다루어졌으나 Sun^{[4][5]}은 단지 차량에 장착된 움직이는 카메라에서 다른 차량을 검출하는 기법에 관한 조사만 수행되었으며, Kastrinaki^[6]는 도로에 설치된 카메라에 관한 조사도 수행되었으나 다양한 기법들에 대한 방법의 고찰이 부족하다. 따라서 본 논문에서는 도로에 설치된 고정된 카메라에서 차량을 검출하고 교통 정보를 산출하는 다양한 기법에 대한 특성을 조사하고, 장점과 단점을 분석한다. 이러한 분석을 통하여 응용 분야에 적합한 기술들을 제시하며, 영상 정보를 이용하는 기법들의 중대한 문제점들을 지적하고 해결 방법을 고찰한다.

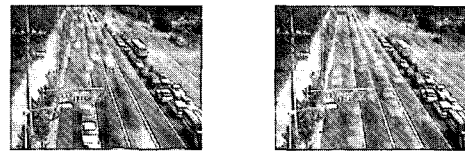
본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 전체 영상을 분석하는 기법을 고찰하고 III장에서는 국부 영역을 검사하는 기법을 고찰한다. 또한, IV장에서는 영상 정보를 이용한 다양한 ITS 기술을 조사한다. 고찰을 통한 향후 연구 방향을 V장에서 제시하며 VI장에서 결론을 맺는다.

II. 전체 영상을 분석하는 기법

1. 배경 영상을 이용하는 차량 검출

배경 영상을 이용하여 차량을 검출하는 기법은 간단하여 가장 널리 사용되는 기법이다^[7]. 배경은 조명 조건과 주변 상황에 따라 변하므로 주기적으로 갱신되어야 한다. 각 화소의 시간 변화에 따른 밝기값을 저장하여 시간적인 중위수를 선택하는 것이 가장 일반적인 방법이다. 이것은 배경의 밝기는 움직이는 물체의 밝기보다 일정하므로 가장 많은 빈도를 가진다는 조건에 의해 얻어진다. 그러나 교통 모니터링 시스템은 실시간으로 처리되어야 하므로 시간적인 중위수를 선택하는 방법은 적용하기 어렵다. 그러므로 식(1)과 같이 IIR 필터를 이용하여 평균 밝기값을 계산하는 기법^[8]이 널리 사용된다.

$$B_t(x, y) = B_{t-1}(x, y) + \alpha(I_t(x, y) - B_{t-1}(x, y)) \quad (1)$$



(a) (b)

그림 1. α 에 따른 문제점, (a) 높은 α , (b) 낮은 α

Fig. 1. Problems associated with α , (a) higher α , (b) lower α .

식(1)에서 B 와 I 는 각각 배경 영상과 입력 영상을 나타내며, t 는 프레임 번호이고, $1/\alpha$ 는 갱신에 사용되는 이전 프레임의 수이다. 그림 1과 같이, 만일 α 가 크면 갱신 속도는 빨라지지만 천천히 움직이는 물체의 잔상이 남게 된다. 반면, α 가 작으면 갱신 속도가 느려져서 현재의 조명 조건이 배경에 반영되지 않을 수 있다. 그림 1은 교차로 영상에서 높은 α 와 낮은 α 에 의해 얻어진 배경 영상의 문제점을 보여준다. 그림 1(a)는 높은 α 를 가지는 경우로서 왼쪽 두 번째 차선의 앞부분에 나타난 차량은 조금 정차하였으나 배경으로 포함되었고, 그림 1(b)는 낮은 α 를 가지는 경우로서 긴 신호 대기 상태에서 배경에 포함된 잔상들이 쉽게 제거되지 않고 남아 있는 것을 보여준다. 따라서 교통 상황이 원활한 경우에는 쉽게 차량을 검출할 수 있으나 그렇지 않은 상황에서는 많은 오류를 나타낼 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여, 식(1)을 Kalman 필터로 해석하여 검출된 차량의 정보를 이용하는 적응형 배경 산출 기법^[9]과 혼합된 분포 모델을 이용하는 방법^{[10][11][12]}도 제안되었다.

배경 영상의 차이에 의해 차량을 검출하는 간단한 기법은 Kilger^[13]에 의해 소개되었다. Kilger^[13]는 현재 프레임의 영상과 배경 영상의 차이를 적응형 임계치에 의해 이진화하고 연결 영역을 분석하였다. 또한, 주간의 그림자 영역을 제거하는 기법도 추가하였다^[14]. 배경 영상을 이용하여 차량을 검출하는 구체적인 기법은 Gupte^[15]에 의해 소개되었으며 분리되거나 합병된 차량 영역은 추적 단계에서 수정되었다.

배경 영상을 이용하는 차량 검출 기법은 여러 연구에서 사용되었으며^[16-24], 특히 Park^[7]은 차영상에서 국부형상 정보를 이용하여 이진화하였다. 이와 같이 배경을 이용하는 차량 검출 기법은 그림 2와 같은 전형적인 처리 방식을 가지게 된다. 대부분의 연구들이 성능 향상을 위하여 적응적인 배경 생성과 적응적인 이진화를 수행하고 있으며, 후처리 과정에서는 잡음 영역 제거와 그림

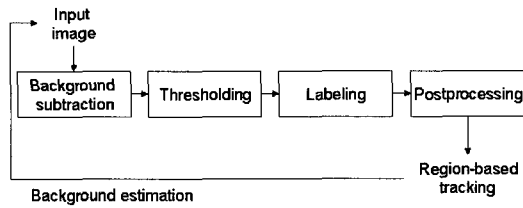


그림 2. 배경 영상을 이용하는 차량 검출 기법의 흐름
Fig. 2. Flow of vehicle detection using background.

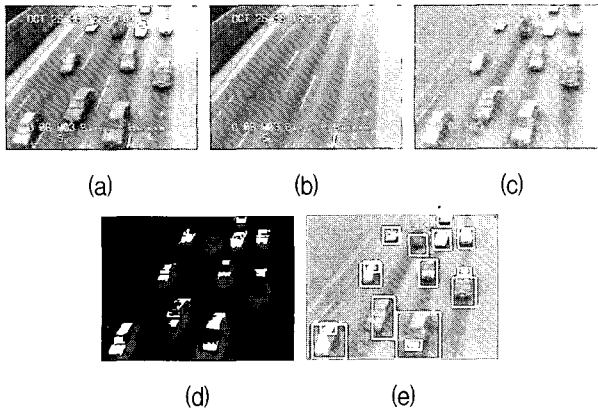


그림 3. 배경 영상을 이용하는 차량 검출 예,
(a) 원영상, (b) 배경 영상, (c) 차영상,
(d) 이진화, (e) 검출 결과

Fig. 3. Example of vehicle detection using background,
(a) input image, (b) background, (c) subtraction,
(d) thresholding, (e) detection result.

자 영역 제거가 이루어지며, 영역 기반 추적(region-based tracking)에서 추론에 의해 오검지된 차량 영역을 수정하게 된다. 배경 영상을 이용하여 차량을 검출하는 기법의 전형적인 결과는 그림 3과 같다. 그림 3(d)에서 흰색으로 표시된 부분은 배경보다 밝은 증거 영역이며 회색으로 표시된 부분은 어두운 증거 영역이다. 그림 3(e)에 나타나는 분리된 차량 영역은 영역 기반 추적에 의해 수정될 수 있다.

2. 움직임 정보를 이용하는 차량 검출

동영상 정보에서 움직임의 검출은 이전 프레임의 정보를 이용하여 쉽게 산출할 수 있다. 가장 간단한 방법은 이전 프레임들과의 밝기의 변화량을 계산하여 움직임 영역을 산출하는 것이다. 식(2)는 단순히 이전 프레임과의 변화량을 이용하여 임계치(T_d)보다 큰 영역을 움직임 영역으로 지정하는 예이다.

$$M(x,y) = \begin{cases} 1 & |I_t(x,y) - I_{t-1}(x,y)| > T_d \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

식(2)로는 현재 프레임에서 물체가 존재하지 않는 영

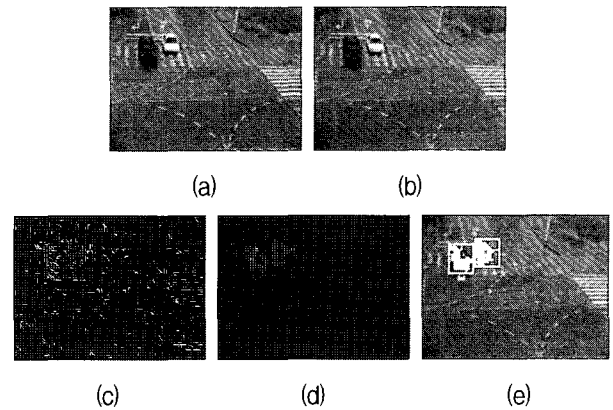


그림 4. BMA에 의한 차량 검출의 예,
(a) t 프레임, (b) $t+1$ 프레임,
(c) 움직임 벡터, (d) 움직임 벡터(벡터 중위수
필터 후), (e) 검출 결과

Fig. 4. Example of vehicle detection using BMA,
(a) t frame, (b) $t+1$ frame, (c) motion vector,
(d) motion vector(after vector median filtering),
(e) detection result.

역도 프레임 차이에 의해 움직임 영역이 나타날 수 있으므로, Cucchiari^[25]는 프레임 차이로 계산된 움직임 영역과 현재 프레임의 에지 정보를 결합하여 차량 영역을 판별하였다.

프레임 차이보다 정확한 움직임 정보는 움직임 벡터(motion vector)를 산출하는 것이다. 움직임 벡터는 블록 정합 알고리즘(block matching algorithm, BMA)을 이용하는 것으로, Stefano^[26]과 Bartolini^[27]은 BMA에 의해 움직임 벡터를 산출하고 벡터 중위수 필터(vector median filter)^[28]에 의해 잡음을 제거하고 군집화하여 차량 영역을 검출하였다. BMA는 식(3)과 식(4)와 같이 평균 절대 차이(mean absolute difference, MAD)나 정규화된 교차 상관 함수(normalized cross correlation function, NCCF)를 이용하여 정합도가 높은 블록을 찾으므로 움직임 벡터를 계산할 수 있다. 식(3)과 식(4)에서 P 와 Q 는 정합할 블록을 의미하며, N 은 블록의 크기를 나타낸다.

$$MAD = \frac{1}{N} \sum_{x,y} |P(x,y) - Q(x,y)| \quad (3)$$

$$NCCF = \frac{\sum_{x,y} P(x,y)Q(x,y)}{\sqrt{\sum_{x,y} P^2(x,y) \sum_{x,y} Q^2(x,y)}} \quad (4)$$

움직임 벡터를 이용하여 차량을 검출하는 경우에는 군집화된 차량 영역마다 차량의 움직임 크기와 방향 정

보를 가지고 있으므로 프레임 차이를 이용하는 것보다 정확히 차량 영역을 추적할 수 있다. 그림 4는 연속적인 두 프레임에서 BMA를 이용하여 움직임 벡터를 산출하고 벡터 중위수 필터에 의해 잡음을 제거하고 군집화에 의해 차량 영역을 검출한 결과를 보여준다.

3. 그림자 정보를 이용하는 차량 검출

대부분의 차량 검출 기법은 시간적인 정보를 사용하여 차량을 검출한다. 시간적인 정보는 이전 프레임의 정보를 이용하여 배경이나 움직임 영역을 계산하여 차량을 검출하는 기법이다. 시간적인 정보를 이용하지 않고 차량을 검출하는 기법은 차량 밑에 존재하는 차량과 연결된 그림자로 차량을 검출하는 기법을 들 수 있다^{[29][30]}. 이것은 그림 5와 같이 대부분의 영상에서 차량 아래에 어두운 그림자 영역이 존재한다는 것을 이용한 것이다.

그림자 정보를 이용하여 차량을 검출하기 위하여, Tzomakas^[29]는 임계치에 의해 얻어진 어두운 영역의 수평 에지를 판단하여 차량을 검출하였고, Lee^[30]는 보다 구체적인 그림자 종류를 표1과 같이 분류하여 그림자를 검출하고 증거 추론 기법으로 차량을 검출하였다.

배경 영상을 이용하는 기법은 잘못된 배경 갱신에 의해 차량을 검출하지 못하거나 병합되어 검출될 가능성이 크며, 움직임 정보를 이용하는 기법은 정지된 차량을 검출할 수 없다. 그러나 그림자 정보를 이용하여 차

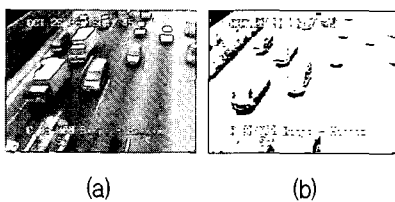


그림 5. 그림자 영역,
(a) 입력 영상, (b) 이진 영상(임계치: 63)
Fig. 5. Shadow regions,
(a) input image, (b) binary image(threshold: 63).

표 1. Lee^[30]가 제안한 그림자의 종류
Table 1. Shadow types proposed by Lee^[30].

그림자 종류	특징
L형상 그림자	차량 앞과 측면으로 이어진 L 형상의 그림자
창 그림자	측면 그림자와 차량의 창 영역
빈 그림자	대형 차량이나 건물 내부의 차량 영역
측면그림자	밝은 차량의 측면 그림자
무형상의 어두운 증거	특정한 형상이 없는 어두운 차량의 증거 영역
무효한 그림자	그림자가 아닌 어두운 영역

량을 검출하는 기법은 이전 프레임 정보를 전혀 사용하지 않으므로 이러한 단점을 해결할 수 있다.

4. 모델 기반 차량 검출

모델 기반 차량 검출 기법은 Koller^{[31][32]}에 의해 제안되었다. Koller는 3차원 차량의 다면체 형상을 차종에 따라서 그림 6과 같이 외곽선을 모델링하고, 정합에 의해 차량을 추적을 하였다. Kollnig^[33]은 이진화된 에지 선분을 사용하지 않고 영상의 기울기 정보를 사용하여 정합하였다. 또한, Mukerjee^[34]는 차량의 속도를 상수로 가정하지 않고, 비선형적 시간 간격에서 얻어진 영상에 대해 차량을 검출하고 추적하였다.

Jolly^[35]는 변형 형판(deformable template)을 이용하여 차량 영역을 분할하고 분류하였으며, Sulliva^[36]는 각 축으로 투영된 에지의 1차원 형판을 이용하여 차량을 검출하고 추적하였다. 또, Tai^[37]는 능동 윤곽 모델(active contour mode)^[38]을 이용하여 차량을 검출하였다.

이러한 모델 기반 차량 검출은 모델과 이동 위치 등의 많은 제한 조건을 가정하고 수행되어야 하며, 고정적이지 않은 많은 시간이 소요될 수 있는 단점을 가지고 있다. 따라서 실시간 처리가 아닌 제한된 위치에서의 차량 검출에 유용하다.

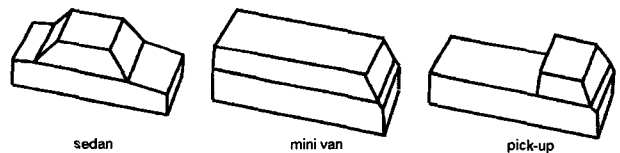


그림 6. Koller^{[31][32]}가 사용한 차량 모델의 예
Fig. 6. Example of vehicle model used by Koller^{[31][32]}.

5. 야간 차량 검출

대부분의 연구에서는 주간 영상에 대한 처리만을 다루고 있다. 그러나 교통 모니터링 시스템으로 사용된다면 주간과 야간뿐만 아니라 야간으로 변경되는 시간대에서 우수한 성능을 나타내야 한다. 하지만, 그림 7에 보인 영상들과 같이 야간 영상에 대한 차량 검출은 매우 어렵다. 그림 7의 위쪽 영상들은 카메라 설정에 따라서 특성이 다르게 나타나는 영상들이고, 아래쪽 영상들은 주간에서 야간으로 변경되는 시간대에 획득된 영상들이다. 이렇게 다양한 영상들이 나타날 수 있으므로, 야간 차량 검출은 카메라의 특성에 따라서 차량 검출 기법이 달라야 한다.

Cucchiara^[25]와 박세제^[24]는 야간 영상에서는 전조등

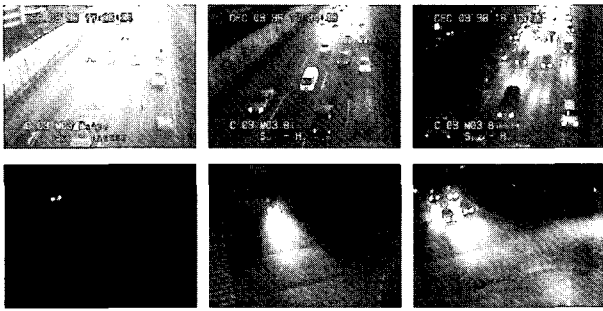


그림 7. 다양한 야간 영상
Fig. 7. Various night scenes.

쌍 검출로 차량 검출을 대신하였다. 밝은 값에 대해 이진화된 영상에서 전조등 패턴을 이용하여 전조등을 검출하고, 검출된 두 전조등의 상관도를 이용하여 전조등 쌍을 검출하였다. 전조등 쌍으로 차량 검출을 대신하는 기법은 차량 크기 추출이 어려우며, 간혹 전조등 쌍 간의 거리를 이용하여 차종을 판단한다.

6. 차량 추적

차량 추적 기법은 모델 기반 추적(model-based tracking), 영역 기반 추적(region-based tracking)과 특징 기반 추적(feature-based tracking)으로 분류할 수 있다. 모델 기반 추적은 4절에서 언급된 모델 기반 차량 검출 기법을 의미한다. 영역 기반 추적은 1절에서 언급된 배경 영상을 이용하는 차량 검출 기법이나 2절에서 언급된 움직임 정보를 이용하는 차량 검출 기법에서 사용되는 기법이다. 현재 프레임에서 검출된 차량에 대해서 이전 프레임에서 검출된 차량과의 연상(association)을 수행하는 것으로 대부분 Kalman 필터를 이용하여 예측 위치나, 속도, 크기를 비교하여 처리한다. 마지막으로, 특징 기반 추적 기법은 차량 윤곽에 존재하는 특징점(모서리점)을 정합하고 군집화하여 차량을 검출하는 기법이다.

영역 기반 추적의 간단한 기법은 Kilger^[13]에 의해 소개되었다. Kilger^[13]는 현재 차량의 위치, 속도, 차량 폭, 개연성(plausibility), Kalman 필터에 의해 예측된 다음 프레임에서의 위치와 속도를 이용하여 차량을 추적하였다. 예측 영역과 가장 가까운 영역을 현재 차량의 위치로 갱신하고, 만일 연결된 추적 차량이 없다면 새로운 추적 차량으로 지정하였다. 추적의 종료는 예측 위치가 추적 영역을 벗어나거나, 추적에 의해 감소되는 개연성이 임계치 보다 작으면 추적을 종료하였다.

가장 간단한 Kilger^[13]의 기법은 중첩되어 보이는 차량과 차량 검출 단계의 오 검지를 해결할 수 없다. 영역

기반 추적에서 이러한 문제는 몇 가지 제약 조건(constraint)을 두고 추론(reasoning)에 의해 해결할 수 있다. Veeraraghaven^[20]은 검출된 움직임 영역은 동일한 시간에 분리와 합병이 일어나지 않고, 작은 영역의 크기보다 적어도 반 이상이 겹쳐진 두 영역이 한 대의 차량이라는 제약 조건을 두고 추적하였다.

특징 기반 추적 기법을 사용한 Coifman^[39]은 영상의 구배도(gradient)를 이용하여 모서리점을 검출하고 Kalman 필터를 이용하여 추적하였다^{[39][40]}. 추적된 특징점이 추적 영역을 벗어나면 움직임 정보를 이용하여 특징점들을 군집화하였다. 이러한 특징 기반 추적 기법은 한 대의 차량에서 여러 개의 특징점들이 추적되기 때문에 영역 기반 추적 기법에 비해서 겹쳐진 차량을 분해하는 능력이 뛰어나다. 하지만, 많은 특징점들을 이용하면 정합 시간이 많이 걸리는 단점이 있고, 잘못된 추적이 다음 프레임에서 누적될 수 있다.

III. 국부 영역을 검사하는 기법

전체 영상을 분석하는 기법은 그림 8과 같이 카메라에서 획득되는 영상이 원근 변환되어 나타나므로, 동일한 차량이 위치에 따라서 모양과 크기가 다르게 나타날 수 있다. 그러나 국부 영역을 검사하는 기법은 가장 분석하기 좋은 위치에 국부 검지 영역을 설치하여 검사하므로 전체 영상을 분석하는 기법보다 효과적일 수 있다. 하지만, 국부 영역만을 검사하므로 겹쳐 보이는 차량 영역을 분해하기 어렵다. 또한, 이러한 국부 영역을 검사하는 기법은 과거 프로세서의 속도의 한계에 의해 실시간 처리를 필요로 하는 모니터링 시스템을 설계하기 위하여 많이 사용되었다.

국부 영역을 검사하는 기법은 국부 영역을 그림 9와 같이 다양한 방법으로 설정하여 처리하게 된다. 그림 9(a)는 국부 영역에서 에지나 움직임 정보를 이용하여 차량 존재 유무를 판별하고, 그림 9(b)는 국부 영역 내에서 차량을 분할하여 추적한다. 그리고 그림 9(c)는 검

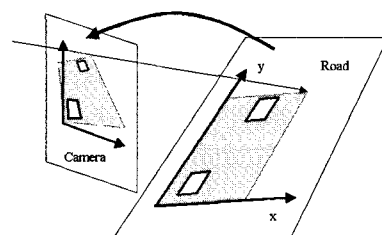


그림 8. 원근 변환
Fig. 8. Perspective transformation.

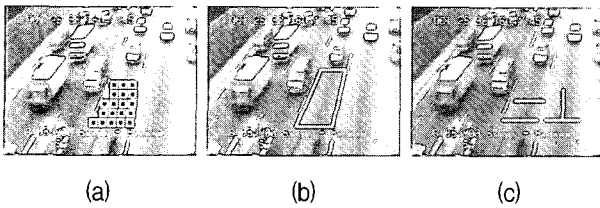


그림 9. 국부 영역의 설정
Fig. 9. Setting of local regions.

지선이나 아주 작은 검지 영역을 각 차선에 두 개씩 설정하여 검지선(영역)에서 차량을 판별하고, 두 검지 영역의 정보를 비교하여 속도를 산출하는 기법이다.

국부 영역을 검사하는 기법으로 Lai^[41]는 그림 9(a)와 같이 작은 블록 영역을 지정하고, MAD에 의해 움직임의 크기를 계산하여 차량의 존재 유무를 판별하였다. Wixson^[42]은 그림 9(b)와 같이 각 차선마다 차량이 포함될 수 있는 국부 영역을 1차원 정보로 변환하여 차량 영역을 분류하였다. Michalopoulos^[43]는 그림 9(c)와 같은 국부 검지선에서 배경을 이용하여 차량을 검출하는 교통량 측정 장비인 Atuoscope 시스템을 개발하였다. Mantri^[44]는 차량이 포함될 수 있는 국부 영역을 블록화하여 신경망으로 차량의 위치를 판단하였고, Kato^[45]는 은닉 마르코프 모델(hidden markov model, HMM)을 이용하여 각 화소를 도로, 그림자와 차량으로 구분하였다. Tseng^[46]과 Zhu^[47]은 국부 위치의 시공간 영상을 분석하여 차량을 판별하였다. 시공간 영상은 그림 10과 같이 국부 위치의 검지선에서 시간에 따라 누적된 영상을 의미한다. 검지선은 사용자가 설치하며 차선에 수직으로 설치되어 차량의 진행 방향으로 누적되므로 카메라의 원근 변환에 의해 왜곡되는 특성을 감소시킬 수 있다.

Michalopoulos^[43]는 차선에 수평의 두 개의 검지선에 의해 차량의 속도를 산출하였으나, Zhu^[47]은 차선에 수평인 검지선을 설치하여 또 다른 시공간 영상(epipolar plane image, EPI)을 생성하였고, 이 시공간 영상에서 나타난 차량의 진행 궤적을 추출하여 속도를 산출하였다.

시공간 영상을 사용하는 구체적인 기법은 이영재^[48]와 이대호^{[31][49]}가 제안하였다. 이영재^[48]는 Michalopoulos^[43]가 사용한 특징에 그림자의 특성을 효과적으로 제거할 수 있는 특징을 추가하여 차량을 분류하였고, 이대호^[49]는 시공간 영상 분류의 오류를 수정하기 위하여 차량 연결 모델을 이용하여 검증을 수행하였다. 이대호^[3]는 신경망을 이용하여 국부 영역을 분류하였으며, 그림 11과 같이 차선에 수평인 검지선에서 얻어진 시공간 영상

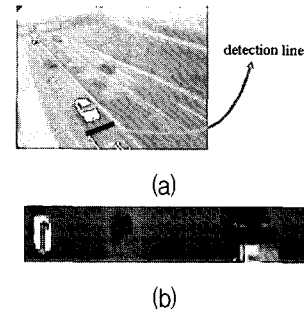


그림 10. 시공간 영상,
(a) 입력 영상, (b) 시공간 영상

Fig. 10. Spatio-temporal image,
(a) input image, (b) spatio-temporal image.

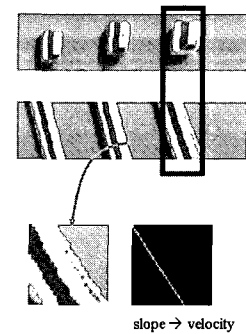


그림 11. EPI 분석에 의한 속도 산출
Fig. 11. Velocity estimation using EPI analysis.

에서 블록 정합을 통하여 차량의 속도를 산출하였다.

또 다른 국부 영역을 검사하는 기법으로, Fathy^[50]은 국부 관심 영역의 에지 특성을 분석하여 교차로내에서 교통량을 측정하였으며, Siyal^[51]는 신경망을 추가하여 대기 길이를 측정하였다.

위에서 언급된 국부 영역을 검사하는 기법들은 전체 영상을 분석하는 기법에 비해서 처리 속도가 월등히 우수하며, 지정된 차선에서 정확한 교통 정보를 산출할 수 있다. 하지만 국부 영역만 검사하므로 겹쳐진 영역을 판단하기 어렵고, 도로가 정체된 상황에서는 주위 환경을 분석하지 않으면 정확한 결과를 보장하기 어렵다.

IV. 영상 정보를 이용한 다양한 ITS 기술

앞장에서는 도로 가장자리에 설치된 고정된 카메라에서 획득된 영상에 대한 교통 모니터링 기술에 대해 고찰하였다. 하지만 움직이는 차량에 설치된 카메라에서 전방의 차량이나 장애물을 검출하는 기법에 대해서도 많은 연구도 이루어졌다^[52-58]. 움직이는 차량에서 획득된 전방 영상에서는 배경을 생성하기 어려우므로, 일

반적으로 움직임 벡터나 스테레오 카메라를 사용하여 차량을 검출한다. 주행하는 자동차에서 전방 장애물(차량)을 검출하는 기법으로, Smith^[52]와 Batavia^[53]는 광류(optical flow)^[59]을 이용하여 움직이는 차량을 검출하고 추적하였으며, Betke^{[54][55]}는 프레임 차이를 이용하여 차량을 검출하였다. Bertozzi^[56]은 스테레오 카메라를 이용하여 차량을 검출하였고, 적외선 카메라를 이용하여 차량을 검출하는 기법도 제안되었다^{[57][58]}.

ITS에서 영상 정보를 이용하는 핵심 기술 중에 하나는 번호판 인식 기술이다. 번호판의 재질, 형태 및 문자 등이 국가마다 다르기 때문에 국가마다 사용되는 번호판 인식 기술은 차이가 많다. 현재 국내에서 제안된 기술들은 에지 정보^[60], 명암도 변화량^[61]이나 색상 정보^{[62][63]}를 이용하여 번호판을 검출하고, 신경망^[61]이나 형판 정합^[64] 등을 이용하여 번호판을 인식한다. 번호판 검출에서, 에지 정보는 번호판 외곽틀을 검출하며, 명암도 변화량은 글자 영역에서는 수평 방향으로 명암도의 변화가 크게 발생하는 특징을 이용한 것이고, 색상 정보는 번호판 영역의 고유 색상을 이용한 것이다.

그 외의 다양향 ITS 기술은, 항공 영상에서 차량을 검출하는 기법^{[65][66]}, 초음파나 적외선 검출기를 이용하여 차량을 검출하는 기술^[67-70]과 음향을 이용하여 사고를 검출하는 기법^{[71][72]} 등이 있다.

V. 향후 연구 방향

1. 교통량 분석

교통 모니터링 시스템은 차량의 흐름을 실시간으로 판별할 수 있어야 한다. 따라서 교통량을 분석할 수 있는 필수 요소인, 단위 시간당 통과한 차량 수, 평균 차량 속도, 차량 길이, 차간 거리 및 도로 점유율이 산출되어야 한다. 그리고 단일 차량들에 대한 정확한 추적은 필요하지 않다. 따라서 차량을 흐름을 판별하는 교통 모니터링 시스템은 전체 영상을 분석하는 기법보다 국부 영역을 검사하는 기법이 보다 효율적일 것이다. 하지만 국부 영역을 검사하는 기법의 가장 큰 문제인 겹쳐진 차량에 대한 분할이 이루어져야 한다. 가장 간단한 해결 방법은 카메라를 도로의 가장자리에 설치하지 않고, 도로 가운데에 설치하는 것이다. 이것이 불가능한 경우에는 인접 차선의 차량 정보와 비교하여 겹쳐진 영역을 분해하는 추가 기술이 필요하다. 그러나 다양한 교통 정보를 산출하지 않고, 대기 길이나 혼잡도만을 판별하기 위해서는 국부 영역을 검사하는 기법보

다 영상의 전체적인 판별이 가능한 전체 영상을 분석하는 기법이 효과적일 것이다.

2. 교차로 단속

교차로 등에서 신호 위반을 단속하는 시스템에서는 독립된 차량들의 이동 궤적이 필요하므로, 국부 영역 검사만으로는 구현되기 어렵다. 따라서 이러한 시스템에서는 전체 영상에 대한 분석이 필수적이다. 또한 단속을 위하여 번호판 인식이 필수적으로 포함되어야 한다. 카메라 한 대에 의해 번호판 인식과 차량의 추적이 어렵기 때문에, 일반적으로 추적용 카메라와 번호판 인식용 카메라를 따로 설치하여 작동시켜야 한다.

3. 사고 검지

도로를 모니터링하는 것은 교통량을 판별하기 위해서도 사용되지만 사고 검지를 위해서도 사용될 수 있다. 사고 검지는 사고 위치를 운전자들에게 알려서 교통의 흐름을 유도할 수 있으며, 동영상 저장을 통해 사고 처리 분석을 도울 수 있다. 현재, 도심 교차로 등에서의 사고 검지는 대부분이 음향 분석에 의해 이루어진다. 그러나 음향 분석에 의한 사고 검지는 주위 잡음에 의해 많은 오류가 발생한다. 차량 추적을 분석하는 기능을 음향 분석과 접합시킨다면 보다 우수한 사고 검지를 구현할 수 있을 것이다.

4. 주정차 단속

도심에서 교통의 흐름을 방해하는 요소 중에 하나는 불법 주정차이다. 이러한 불법 주정차의 문제를 해결하

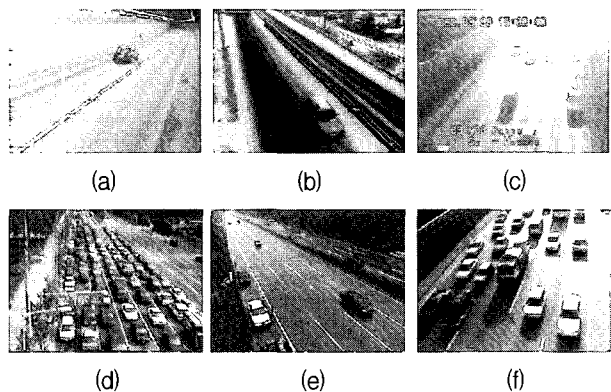


그림 12. 다양한 교통 영상
(a) 터널, (b) 눈, (c) 심한 반사,
(d) 도심 교차로, (e) 비, (f) 그림자

Fig. 12. Various traffic scenes.
(a) tunnel, (b) snow, (c) severe reflection,
(d) urban intersection, (e) rain, (f) shadow

기 위하여 현재 국내 대도시에서는 무인 불법 주정차 단속을 실시하고 있다. 주정차 단속은 정지된 차량의 분할과 추적이 필요하다. 그러므로 이러한 시스템은 배경 영상을 이용하거나 그림자 정보를 이용하여 차량을 분리하는 것이 편리하다. 그리고 불법 주정차 단속은 미리 설정된 영역에서 정지된 차량을 검출하는 것이므로 차량 모델을 이용하여 차량을 검출하는 것도 우수한 성능을 나타낼 수 있을 것이다. 또한, 단속용으로 사용되기 위해서는 번호판 인식이 필수적으로 포함되어야 한다.

VI. 결 론

앞에서 도로 영상에서 차량을 검출하고 교통 정보를 산출하는 다양한 기법들에 대한 고찰과 여러 응용 분야에서 사용될 수 있는 기법의 특징을 다루었다. 하지만 영상 정보를 이용하여 도로 영상을 분석하는 기법은 다른 물리적인 센서를 사용하는 기법과 다른 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 그중에서 가장 중대한 문제는 영상 정보를 이용하는 기법은 기상과 카메라의 설정의 변화에 민감한 성능을 가진다는 것이다. 주간과 야간의 처리 기법이 다르고, 그림자의 유무에 따라서 처리 기법이 달라질 수 있다. 이러한 다양한 영상의 예를 그림 12에서 보인다. 그림 12는 터널 내부, 눈오는 날, 강한 반사, 정제된 도로, 비오는 날과 그림자가 존재하는 주간 영상을 보인다. 이러한 모든 상황에서 차량을 정확히 검출하고 추적하여, 정확한 교통 정보를 산출하기는 매우 어렵다. 대부분의 기술에서는 날짜와 시간을 정보화하여 설정하고, 설치되는 위치에 따라서 사용자가 많은 기하학적 정보를 입력하여야 한다. 그러나 사용자의 설정을 최소화하면서 다양한 조건에서 강건한 성능을 가지는 기법을 만들기는 쉽지 않다. 하지만 앞에서 언급한 다양한 기법들을 연계하여 각 장점을 결합하여 사용한다면 사용자 설정을 최소화하면서 외부 조건의 변화에도 성능이 유지되는 기법으로 향상될 수 있을 것이다. 그리고 가능하다면 고성능의 카메라를 사용하는 것, 적외선 카메라와 같은 다른 장비와 혼용하거나 여러 대의 카메라를 사용하는 것도 성능 향상을 위한 방법일 수 있다. 또한, 일부 자료만으로 성능을 쉽게 판단하지 않고 많은 자료에 대해 실험하여 예측하지 못한 상황에 대한 알고리즘 보완이 지속적으로 이루어져야 한다.

참 고 문 헌

- [1] 이승환, "ITS의 기본 개념과 국내·외 추진 동향," 대한전자공학회지, 제28권, 제5호, 22-26쪽, 2001년 5월
- [2] 박종현, "ITS의 발전 전망과 과제," 대한전자공학회지, 제28권, 제5호, 22-26쪽, 2001년 5월
- [3] 이태호, 박영태, "시공간 영상 분석에 의한 강건한 교통 모니터링 시스템," 정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용 제31권, 제11호, 1534-1542쪽, 2004년 11월
- [4] Z. Sun G. Bebis and R. Miller, "On-road vehicle detection using optical sensors: a review," The 7th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, pp. 585-590, October, 2004.
- [5] Z. Sun, G. Bebis and R. Miller, "On-road vehicle detection: a review," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 28, No. 5, pp. 694-771, 2006.
- [6] V. Kastiraki, M. Zervakis and K. Kalaitzakis, "A survey of video processing techniques for traffic applications," Image and Vision Computing, Vol. 21, No. 4, pp. 359-381, 2003.
- [7] Y. Park, "Shape-resolving local thresholding for object detection," Pattern Recognition Letters, Vol. 22, Issue 6, pp. 883-890, June 2001.
- [8] N. Friedman and S. Russel, "Image segmentation in video sequences: a probabilistic approach," In Proceedings of the Thirteenth Conference of Uncertainty in Artificial Intelligence, pp. 175-181, August 1997.
- [9] K. Karmann, A. Brandt, "Moving object recognition using an adaptive background memory," in V Cappellini(ed.), Time-Varying Image Processing and Moving Object Recognition, 2, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 1990.
- [10] C. Stauffer and W.E.L. Grimson, "Adaptive background mixture models for real-time tracking," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 246-252, Colorado, USA, June 1999.
- [11] G. Bailo, M. Bariani, P. Ijas and M. Raggio, "Background estimation with gaussian distribution for image segmentation, a fast approach," IEEE International Workshop on IMS 2005, pp. 2-5, March 2005.
- [12] D. Gao and J. Zhou, "Adaptive background estimation for real-time traffic monitoring," IEEE Proceedings of Intelligent Transportations Systems, pp. 330-333, Oakland, CA, USA, 2001.

- [13] M. Kilger, "Video-based traffic monitoring," International Conference on Image Processing and Its Applications, pp. 89-92, Maastricht, Netherlands, April 1992.
- [14] M. Kilger, "A shadow handler in a video-base real-time traffic monitoring system," IEEE Workshop on Application of Computer Vision, pp. 1060-1066, Palm Springs, CA, USA, 1992.
- [15] S. Gupte, O. Masoud, R.R.K. Martin and N.P. Papanikolopoulos, "Detection and classification of vehicles," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 3, No. 1, pp. 37-47, March 2002.
- [16] D. Koller, J. Weber and J. Malik., "Robust multiple car tracking with occlusion reasoning," Proceedings of 3rd European Conference on Computer Vision, pp. 189-196, Stockholm, Sweden, May 1994.
- [17] Y. Jung and Y. Ho, "Traffic parameter extraction using video-based vehicle tracking," Proceedings of IEEE International Conference on ITS, pp. 764-766, Tokyo, Japan, October 1999.
- [18] O. Masoud, N.P. Papanikolopoulos and E. Kwon, "The use of computer vision in monitoring weaving sections," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 2, No. 1, pp.18-25, 2001.
- [19] B. Maurin, O. Masoud, and N. Papanikolopoulos, "Monitoring crowded traffic scenes," Proceedings of IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems, pp. 19-24, 2002.
- [20] H. Veeraraghavan, O. Msoud and N.P. Papanikolopoulos, "Computer vision algorithms for intersection monitoring," IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems, Vol. 4, No. 2, pp. 78-89, 2003.
- [21] C. Jiangwei, "Study on method of detecting preceding vehicle based on monocular camera," IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2004, pp. 750-755, June 2004.
- [22] X. Ji, Z. Wei and Y. Feng, "Effective vehicle detection technique for traffic surveillance systems," Journal of Visual Communication and Image Representation, Vol. 17, No. 3, pp. 647-658, June 2006.
- [23] D.M. Ha, J.M. Lee and Y.D. Kim, "Neural-edge-based vehicle detection and traffic parameter extraction," Image and Vision Computing, Vol. 22, No. 11, pp. 899-907, September 2004.
- [24] 박세제, 이영재, 박영태, "교통 영상에서의 차량 검지 기법에 관한 연구," 제11회 영상 처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문집, 159-164쪽, 대전, 1999년 2월
- [25] R. Cucchiara, M. Piccardi, and P. Mello, "Image analysis and rule-based reasoning for a traffic monitoring system," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 1, No. 2, pp. 119-130, 2000.
- [26] L.D. Stefano and E. Viarani, "Vehicle detection and tracking using the block matching algorithm," Proceeding of 3rd IMACE/IEEE, Vol. 1, pp. 4491-4496, 1999.
- [27] F. Bartolini, V. Cappellini and C. Giani, "Motion estimation and tracking for urban traffic monitoring," Proceedings of International Conference on Image Processing '96, Vol. 3, pp. 787-790, Lausanne, Switzerland, September 1996.
- [28] J. Atola, P. Haavisto and Y. Neuvo, "Vector median filters," International Conference on Image Processing, pp. 177-181, Kobe, Japan, April 1990.
- [29] C. Tzomakas and W. Seelen, "Vehicle detection in traffic scenes using shadows," Technical Report 98-06, Institut fur Neuroinformatik, Ruhr-Universitat, Bochum, Germany, 1998.
- [30] D. Lee and Y. Park, "Robust vehicle detection based on shadow classification," The 18th International Conference on Pattern Recognition, Hong Kong, August 2006.
- [31] D. Koller, "Moving object recognition and classification based on recursive shape parameter estimation," 12th Israel Conference Artificial Intelligence, Computer Vision, December 1993.
- [32] D. Koller, K. Daniilidis and H.H. Nagel, "Model-based object tracking in monocular image sequences of road traffic scenes," International Journal of Computer Vision, Vol. 10, pp. 257-281, 1993.
- [33] Kollnig H and Nagel H, "3D pose estimation by directly matching polyhedral models to gray value gradients," International Journal of Computer Vision, Vol. 23, No. 3, pp. 283-302, 1997.
- [34] A. Mukerjee, S.P. Palanisqami, R. Gupta, Em Kumar and G.P. Kulkarni, "Vehicle tracking in image sequences," International Conference CAD/CAM robotics and factories of the future, pp. 304-316, Coimbatore, India, December 1998.
- [35] M. D. Jolly, S. Lakshmanan and A. K. Jain, "Vehicle segmentation and classification using deformable templates," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.

- 18, No. 3, pp. 293-308, 1996.
- [36] G.D. Sullivan, K.D. Baker, A.D. Worrall, C.I. Attwood and P.M. Remagnino, "Model-based vehicle detection and classification using orthographic approximations," *Image and Vision Computing*, Vol. 15, pp. 649-654, 1997.
- [37] J. Tai, S. Tseng, C. Lin and K. Song, "Real-time image tracking for automatic traffic monitoring and enforcement applications," *Image and Vision Computing*, Vol. 22, No. 6. pp. 485-501, June, 2004.
- [38] M. Kass, A. Witkin and D. Terzopoulos, "Snakes: Active contour models," *International Journal of Computer Vision*, Vol. 1, No. 4, pp. 321-331, 1988.
- [39] B. Coifman, D. Beymer, McLauchlan and J. Malik, "A real-time computer vision system for vehicle tracking and traffic surveillance," *Transportation Research part C*, Vol. 6. pp. 271-288, 1998.
- [40] D. Beymer and J. Malik, "Tracking vehicles in congested traffic," *Proceedings of the 1996 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 130-135, Tokyo, Japan, September 1996.
- [41] A.H. Lai and N.H. Yung, "Vehicle-type identification through automated virtual loop assignment and block-based direction-biased motion estimation," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 1, No. 2, pp. 86-97, 2000.
- [42] L. Wixson, K. Hanna, and D. Mishra, "Illumination assessment for vision-based traffic monitoring," *13th International Conference on Pattern Recognition*, pp. 56-62, Vienna, Austria, August 1996.
- [43] P.G. Michalopoulos, "Vehicle detection video through image processing: The Autoscope system," *IEEE Transactions on Vehicular Technology* Vol. 40, No. 1, pp. 21-29, 1991.
- [44] S. Mantri and D. Bullock, "A neural network based vehicle detection and tracking system," *Proceedings of the 27th Southeastern Symposium on System Theory*, March, 1995.
- [45] J. Kato, S. Joga, J. Rittscher and A. Blake, "An HMM-based segmentation method for traffic monitoring movies," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 24, No. 9, pp. 1291-1296, 2002.
- [46] B.L. Tseng, C.Y. Lin and J.R. Smith, "Real-time video surveillance for traffic monitoring using virtual line analysis," *Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, pp. 541-544, 2002.
- [47] Z. Zhu, G. Xu, B. Yang, D. Shi and X. Lin, "VISATRAM: A real-time vision system for automatic traffic monitoring," *Image and Vision Computing*, Vol. 18, No. 10, pp. 781-794, 2000.
- [48] 이영재, 이태호, 박영태, "시공간 영상분석에 의한 실시간 교통 정보 산출 기법," *전자공학회 논문지*, 제37권, SP편, 제4호, 11-19쪽, 2000년 7월
- [49] 이태호, 박영태, "영역 분류와 시공간 영상 분석에 의한 실시간 교통정보 파라미터 산출 기법," *제12회 영상 처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문집*, 347-352쪽, 제주, 2000년 1월
- [50] M. Fathy and M.Y. Siyal, "Measuring Traffic Movements at Junctions using Image Processing Techniques," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 18, pp. 493-500, 1997.
- [51] M.Y. Siyal and M. Fathy, "A Neural-Vision based Approach to Measure Traffic Queue Parameters in Real-Time," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 20, pp. 761-770, 1999.
- [52] S.M. Smith and J.M. Brady, "ASSET-2: Real-time motion segmentation and shape tracking," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 17, No. 8, pp. 814-820, 1995.
- [53] P.H. Batavia, D.A. Pomerleau and C.E. Thorpe, "Overtaking vehicle detection using implicit optical flow," *IEEE Conference on Intelligent Transportation System*, pp. 729-734, Boston, MA, USA, November 1997.
- [54] M. Betke, E. Haritaglu and L. Davis, "Multiple vehicle detection and tracking in hard real time," *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 351-356, 1996.
- [55] M. Betke, E. Haritaoglu and L.S. Davis, "Real-time multiple vehicle detection and tracking from a moving vehicle," *Machine Vision and Applications*, Vol. 12, No. 2, pp. 69-83, 2000.
- [56] M. Bertozzi, A. Broggi, A. Fascioli and S. Nichele, "Stereo vision-based vehicle detection," *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 39-44, October 2000.
- [57] P. Barham, X. Zhang, L. Andreone and M. Vache, "The development of a driver vision support system using far infrared technology: progress to date on the darwin project," *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 545 - 549, October 2000.
- [58] D. Ranzato, "Vehicle detection and localization in infra-red images," *IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp. 141 - 146, 2002.

- [59] B.K.P. Horn and B.G. Schunck, "Determining optical flow," *Artificial Intelligence*, Vol. 17, pp. 185-203, 1981.
- [60] 최형진, 오영환, 안거원맹, 중도정지, "컴퓨터 화상 처리를 이용한 차량 번호판 추출 방법," *전자공학회논문지*, 제24권 2호, 309-314쪽, 1987년 3월
- [61] 최재호, 조범준, "다중 역전과 신경망을 이용한 차량 번호판의 인식," *한국통신학회 논문지*, 제22권, 11호, 2432-2438쪽, 1997년 11월
- [62] 문성원, 장인동, 송여준, "기울어진 차량 번호판 영역의 검출," *한국콘텐츠학회 논문지*, 제4권, 제3호, 125-130쪽, 2004년 9월
- [63] 이현창, "자동차 번호판 영상에서 효율적인 번호판 영역 검출 시스템의 설계 및 개발," *한국컴퓨터정보학회 논문지*, 제10권, 제5호, 87-93쪽, 2005년 11월
- [64] 조동욱, 조용환, "환경에 불변인 전처리 과정과 히스토그램 및 원형 정합을 이용한 차량 번호판 인식," *한국통신학회 논문지*, 제23권 1호, 94-100쪽, 1998년 1월
- [65] T. Zhao and R. Nevatia, "Car detection in low resolution aerial image," *Image and Vision Computing*, Vol. 21, No. 8, pp. 693-703, 2003.
- [66] S. Hinz and U. Stilla, "Car detection in aerial thermal images by local and global evidence accumulation," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 27, No. 4, pp. 309-315, 2006.
- [67] H. Kim J. Lee, S. Kim, J. Ko and D. Cho, "Ultrasonic vehicle detector for side-fire implementation and extensive results including harsh conditions," *IEEE Transaction on Intelligent Transportation System*, Vol. 2, No. 3, pp. 127-134, 2001.
- [68] T.M. Hussain, T.N. Saadawi, S.A. Ahmed, "Overhead infrared sensor for monitoring vehicular traffic," *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, Vol. 42, No. 4, pp. 477-483, 1993.
- [69] T.M. Hussain, A.M. Baig, T.N. Saadawi and S.A. Ahmed, "Infrared pyroelectric sensor for detection of vehicular traffic using digital signal processing techniques," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 44, No. 3, pp. 683-689, 1995.
- [70] H.H. Cheng, B.D. Shaw, J. Palen, J.E. Larson, X. Hu, K.V. Katwyk, "A real-time laser-based detection system for measurement of delineations of moving vehicles," *IEEE/ASME Transaction on Mechatronics*, Vol. 6, No. 2, pp. 170-187, 2001.
- [71] Y. Zhang and R.Q. Hu, "Development of an automated accident detection system at intersections," *8th International Conference on Applications of Advanced Technologies in Transportation Engineering 2004*, pp. 153-157, Beijing, China, May 2004.
- [72] Y. Zhang and L.M. Bruce, "Automated accident detection at intersection," *Technical Report*, Mississippi Department of Transportation, March 2004.

저 자 소 개



이 대 호(정회원)
1998년 경희대학교 전자공학과 학사 졸업.
2001년 경희대학교 전자공학과 석사 졸업.
2005년 경희대학교 전자공학과 박사 졸업.

2001년~2005년 경희대학교 전자정보학부 강사.
2001년~2005년 용인대학교 컴퓨터정보처리학부 강사.
2004년~2005년 강남대학교 컴퓨터미디어공학부 강사.
2005년 수원과학대학 정보통신과 강사.
2005년~현재 경희대학교 교양학부 전임강사.
<주관심분야 : 컴퓨터비전, ITS, 패턴인식, 신호처리 및 프로그래밍>



박 영 태(정회원)
1979년 서울대학교 전자공학과 학사 졸업.
1981년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사 졸업.
1989년 University of California, Irvine 전기 및 컴퓨터공학과 박사 졸업.

1990년 University of California, Irvine (Post Doc.).
1990년~1991년 Innovision Medical Inc.
1991년~1992년 대우통신 중앙 연구소.
1992년~현재 경희대학교 전자정보대학 교수.
<주관심분야 : 컴퓨터비전, 패턴인식, ITS, 신경회로망 학습이론>