

다중 차량 연관 추적을 위한 겹침 제거 및 배경영상 갱신

(Overlap Removal and Background Updating for Associative Tracking of Multiple Vehicles)

임준식[†] 김수형^{**}
 (JunSik Lim) (SooHyung Kim)

이철우^{**} 이명은^{***}
 (ChilWoo Lee) (Myung-Eun Lee)

요약 본 논문에서는 지능형 교통정보 시스템에서 활용할 수 있는 차량의 연관 추적 방법에 관하여 제안한다. 차량의 연관 추적과정에서 발생하는 차량 간 겹침 문제를 해결하기 위하여 위치 평균값과 시공간 연관 정보를 이용한 연관 추적 방법을 제안하였고 배경영상의 신뢰도를 향상시키기 위하여 배경영상 갱신 방법을 제안하였다. 제안한 방법의 성능 평가를 위하여 다양한 위치의 교통 정보 수집 CCTV에서 촬영된 영상을 사용하였고 평균 96% 이상의 추적 성공률을 보였다.

키워드 : 배경영상 모델링, 객체 검출, 연관 추적

Abstract In this paper, we propose a vehicle tracking method that can be applied in the intelligent traffic information system. The proposed method mainly con-

· 이 논문은 2009 한국컴퓨터종합학술대회에서 '다중 차량 연관 추적을 위한 겹침 제거 및 배경영상 갱신'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

† 학생회원 : 전남대학교 전자컴퓨터공학과
 ljs-32@hanmail.net

** 종신회원 : 전남대학교 전자컴퓨터공학과 교수
 shkim@chonnam.ac.kr
 leecw@jnu.ac.kr

*** 정회원 : 전남대학교 전자컴퓨터공학과 박사후연구원
 meleee@chonnam.ac.kr

논문접수 : 2009년 8월 14일
 심사완료 : 2009년 10월 25일

Copyright©2010 한국정보과학회: 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 컴퓨팅의 실제 및 레터 제16권 제1호(2010.1)

sists of two steps: overlap removal and background updating. In order to remove overlap, we detect the overlap based on the location of the vehicle from successive images. Background updating is to calculate a background using statistical analysis of successive images. We collected a set of test images from the traffic monitoring system and experimented. The experimental results show more than 96% of tracking accuracy.

Key words : Background modeling, Object detection, Associative tracking

1. 서론

주행 차량의 정보는 ITS(지능형 교통시스템) 및 각종 교통 분야에서 다인승 전용차로의 단속체계, 차량 구성비, 도로용량 분석, 신호제어, 도로 설계 및 유지관리 등의 각종 교통 분석 및 지표로 활용될 수 있고 정보에 오류가 있을 경우 이를 바탕으로 한 각종 시스템 및 정책이 잘못된 결과를 산출하게 된다. 현재 사용되고 있는 차량 분석방법은 라인 검출 방법이 대부분이고 차량의 연관정보를 이용한 추적 방법은 환경적인 요인과 적용의 어려움으로 많이 사용되지 못하고 있는 실정이며, 이러한 이유로 주행 차량에 대한 추적은 자동화된 교통제어시스템의 필요로 많은 연구가 진행되고 있다[1-6].

자동화된 교통제어에 관한 연구 기법에는 차량정보 연관 추적 방법, 가상 검지선을 이용한 기법으로 구분할 수 있다. 차량 추적에 의한 방법은 배경 영상 차분법[7], 영역 분할 방법[8,9], 클러스터링 방법[10,11] 등을 이용하여 연관 추적을 수행하여 교통 정보를 수집하는 기법으로 이동 객체의 속도, 이동경로, 유고 상황 탐지 등 다양한 정보를 획득할 수 있다. 하지만 많은 양의 연산이 필요하고 그로 인한 처리시간의 증가가 발생한다. 또한 조명 및 환경적 요인에 따른 오작동이 발생할 수 있으며 차량들의 이동 방향에 따른 겹침이 발생할 수 있다. 가상 검지선을 이용한 방법은 국부 검지 영역에서 차량의 유무를 감시하고 검지 영역 정보를 분석하여 교통 정보를 수집한다. 하지만 차량의 차선 변경, 수집하는 정보의 한계와 같은 문제가 존재한다. 또한 검사 영역에 여러 대의 차량이 존재하거나 차량 간의 간섭에 따른 문제가 발생할 수 있다.

본 논문은 총 6절로 구성되어 있다. 2절에서는 관련된 구로 기존 배경영상 생성 및 갱신 방법과 객체 검출과정에 대하여 기술한다. 3절에서는 주행 차량 연관 추적 시스템의 처리 과정에 관하여 설명하고 4절에서는 차량의 주행과정에서 발생하는 겹침 검출 및 제거 방법에 관하여 논한다. 5절에서는 제안한 방법에 대한 실험 결과를 기술하고 분석하여 타당성을 검증하며, 6절에서는 결론을 맺고 향후 연구 과제에 대해서 검토한다.

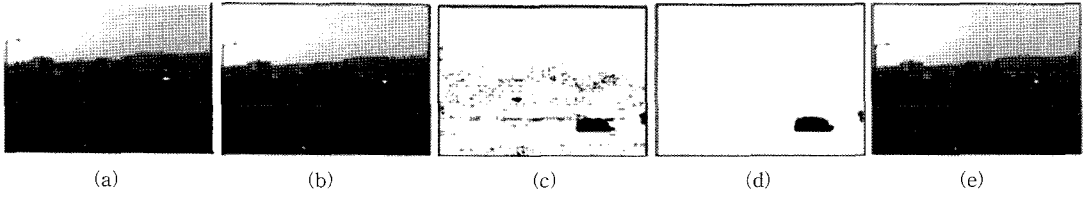


그림 2 차량 검출 결과 : (a) 배경영상 (b) 입력영상 (c) 차영상 (d) 잡음제거 (e) 결과영상

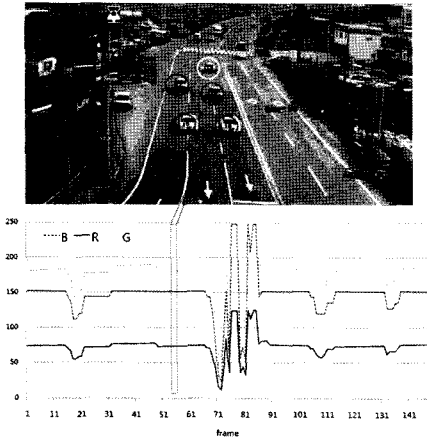


그림 1 연속된 영상에서 RGB 히스토그램 변화량

2. 관련 연구

차량검출은 정확한 차량추적을 위하여 중요한 부분으로 차량검출 과정에서 발생하는 잡음 및 손실은 연관 추적에 많은 어려움을 준다[1]. 본 장에서는 배경생성 방법 및 갱신, 잡음 제거 및 배경영상 차분법을 이용한 차량검출 방법을 살펴보고자 한다.

2.1 배경영상 생성 및 갱신

배경 생성 방법은 연속된 영상이 입력되었을 때 배경영상을 생성하기 위해 평균과 표준 편차를 계산한다. 그러나 배경영상의 평균과 표준편차를 구하여 차영상을 수행 할 때 표준편차의 값이 작은 값을 나타내는 좌표는 민감하게 값이 큰 경우 둔감한 결과를 산출하게 된다. 또한 연속된 영상에서 객체가 점유하는 비중이 적을 경우 좋은 성능을 보이지만 많은 경우 배경영상의 정보와 함께 차량의 정보도 포함되어 정확한 배경영상을 생성할 수 없다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 연속된 영상에서 각 픽셀별로 변화량이 적게 나타나는 구간을 찾아 배경영상을 생성하였다. 그림 1은 입력영상과 연속된 영상에서 한 픽셀에 대한 획득된 RGB 히스토그램이며 객체가 존재할 경우 많은 변화량을 보이고 객체가 존재하지 않을 경우 변화량의 폭이 적은 것을 볼 수 있다. 일정 프레임동안 변화량이 적을 경우 배경영상 갱신을 수행한다.

2.2 차 영상 획득 및 잡음 제거

배경영상 생성 시 만들어진 평균값 영상과 표준편차 영상을 이용하여 현재 영상과 배경영상간의 차를 구하게 된다. 차 영상을 생성하게 되면 관심이 되는 대상 외에도 많은 잡음들이 추출되며 이를 제거하기 위하여 침식연산과 팽창연산 연산을 수행 하였다. 그림 2(c)는 배경영상(그림 2(a))와 입력영상(그림 2(b))의 차 영상이고 그림 2(d)는 잡음을 제거한 영상이다. 그림 2(d)에서 각 픽셀들의 연결요소를 분석하여 연결되어 있는 픽셀들을 군집화 함으로써 차량 검출 작업을 완료한다(그림 2(e)).

차량검출이 완료되면 위치 정보 및 차량의 상하좌우 위치 정보를 저장하게 된다. 저장된 차량 정보는 연관 추적 과정에서 이전 영상까지의 차량정보와 연관 관계 분석에 사용되게 된다.

2.3 차량 추적 과정의 문제점

차량 추적 과정에서 발생하는 문제점은 크게 두 가지로 나눌 수 있으며 첫째는 입력영상의 환경적 요인으로 발생하는 영상의 정보의 손실, 잡음, 배경조명의 변화, 실시간처리를 위한 자원의 한계이고 두 번째는 객체 검출 및 연관 추적 과정에서 발생하는 객체의 복잡한 움직임 따른 정보 손실, 객체의 성질변화에 따른 검출의 어려움, 객체들 간의 간섭으로 인한 손실이다[6]. 환경적 요인의 문제점들은 기존에 많은 연구가 진행되었으며 장비의 발전으로 실시간 처리가 가능해졌다. 그러나 객체의 손실 및 겹침은 각 상황에 따라 다양한 형태로 나타나기 때문에 예측 및 검출이 어려우며 겹친 객체의 수를 판단하는 것도 많은 어려움이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 위치 평균값 및 객체의 연속성을 분석하여 차량 간의 겹침 탐지하고 분할을 수행하는 다중 차량 연관 추적 방법을 제안한다.

3. 주행 차량 연관 추적 시스템

3.1 연관 추적 시스템 개요

검출된 객체를 시공간 위치정보에 따른 연관추적을 수행하고 객체추출 시 발생하는 차량 겹침 문제 및 객체의 형태 보정을 위하여 위치 평균값과 연관 추적 정보를 바탕으로 객체의 형태정보를 예측하여 연관 추적을 수행하였다. 그림 3은 제안 시스템의 구성도이다.

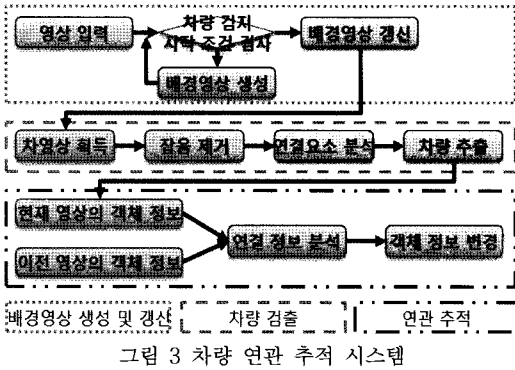


그림 3 차량 연관 추적 시스템

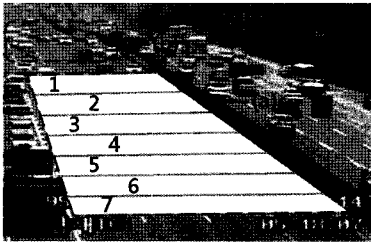


그림 4 검사 영역 설정

(a) 설정된 검사 영역, (b) 객체 검출이 어려운 영역

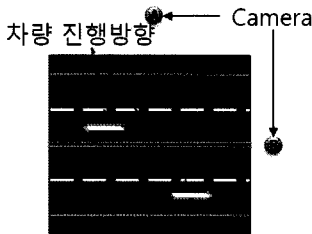


그림 5 카메라의 위치에 따른 차량의 면적 변화

객체 추적 과정은 첫 번째로 영상이 입력되면 배경영상 존재 유무를 판별하게 된다. 배경영상이 존재하면 객체 검출 과정을 수행하며 배경영상이 생성되지 않았으면 배경영상을 생성하게 된다. 생성된 배경영상과 입력 영상으로부터 객체를 검출하게 되고 검출된 객체들의 시공간적 위치 정보를 바탕으로 겹침 제거 및 연관추적을 수행하게 된다.

3.2 차량 검출을 위한 검사 영역 설정

도로상의 차량검출은 일반적인 객체검출과 달리 제약사항이 존재하게 된다. 카메라의 위치 도로의 형태에 따라 차량 검출이 불가능한 영역이 발생한다. 그림 4(a)는 검사 영역을 설정한 영상이며 그림 4(b)는 차량 검출이 어려운 영역이다. 그림 4(b)와 같이 카메라의 위치와 도로의 형태에 따라 검출이 어려운 영역이 발생하고 이러한 영역을 검사 대상에서 제외함으로써 검출 효율을 향상시켰다.

4. 위치 정보를 이용한 연관 추적

4.1 위치 평균값을 이용한 차량 면적 변화량 예측

주행 중인 차량은 주행 방향에 따라 면적이 변한다. 예를 들어 그림 5에서 카메라의 위치가 A일 때 상행선과 하행선의 차량의 면적은 변하지 않을 것이다. 하지만 B일 때는 차량의 진행 방향에 따라 촬영되는 차량의 면적은 변하게 된다. 상행선 차량은 시간이 경과할수록 작아질 것이며 하행선 차량은 면적이 커질 것이다.

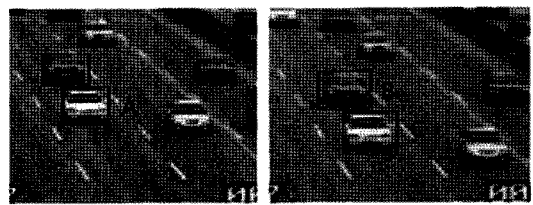
도로가 일정한 경사도를 갖거나 평면에 가깝다면 변화량은 쉽게 예측이 가능할 것이다. 하지만 실제 도로 환경은 이러한 조건을 만족해주지 않는다. 본 논문에서는 변화량을 예측하기 위해 그림 4와 같이 검사 영역을 7개의 영역으로 나누었고 각 구간별 차량 면적의 평균을 구하고 인접한 구간과의 변화량을 계산하였다. 표 1은 각 구간별 측정된 차량 면적의 평균과 구간간의 변화량을 나타낸 것이다. 표 1과 같이 차량 면적의 변화량이 일정한 값을 나타내지 않는다. 이는 도로 상태가 약간의 굴곡이 있기 때문이며 각 구역의 검출된 차량의 수가 감소하는 이유는 차량의 면적이 커짐에 따른 결과이다.

4.2 시공간 위치 기반 연관 추적

전영상과 현재영상에서 추출된 객체들의 연관성 검사를 위하여 객체들의 거리측정을 하였다. 영상 내에서 이동하는 객체가 일정한 속도로 움직이고 영상에서 순간적으로 사라지지 않는다는 것을 전제로 전영상에서의 중심점의 위치와 현재영상에서의 중심점의 위치가 가장 가까운 객체를 동일 객체로 인식하였다.

표 1 구간에 따른 차량 면적 변화량

구역	차량 수	차량 평균 면적	변화량
1	3107	1198.97	-
2	2599	1959.9	163.47%
3	2109	2306.4	117.68%
4	1873	2509.2	108.79%
5	1592	2722.5	108.50%
6	1488	3264.9	119.92%
7	1219	4061.5	124.40%



(a) (b)
그림 6 연관 분석을 통한 차량 추적

그림 6(a)에서 추출된 A 차량과 그림 6(b)에서 추출된 B, C 차량의 중심점 간의 거리를 구하여 어떤 차량이 연관된 차량인가를 찾게 된다. A차량과 C차량의 중심점의 거리 DAC는 식 (4)와 같다.

$$D_{AC} = \sqrt{(X_A - X_C)^2 + (Y_A - Y_C)^2} \quad (4)$$

여기서 A 차량의 중심점을 (X_A, Y_A) , 차량 C의 중심점을 (X_C, Y_C) 로 표기한다. 이러한 방법으로 구해진 객체들 간의 거리 중 가장 작은 값을 가지는 객체들을 연관된 객체로 정의 하였다. 그러나 차량의 주행 방향과 카메라의 위치에 따라서 차량들의 겹침이 발생하게 된다. 차량 간의 겹침은 연관 추적을 어렵게 만드는 요인이다.

4.3 겹침 검출 및 분할

차량의 겹침은 검사영역의 차량이 갑자기 사라지지 않는다는 가정 하에 쉽게 찾을 수 있다. 검사영역에서 차량이 사라지는 경우는 검사 영역을 벗어날 경우를 제외하면 있을 수 없기 때문에 차량이 검사 영역을 벗어나는 경우는 검사영역의 경계면 즉 가장자리에 객체가 근접할 경우이며 그 외의 경우는 차량의 겹침이 발생하여 손실이 발생한 경우이다.

차량이 검사 영역을 벗어났다는 정보는 연관 추적을 통해 차량의 이동량과 이전영상에서의 위치를 알고 있으므로 쉽게 인지할 수 있다. 겹침 검출 과정은 연관 추적 과정 중 이전 영상에서 갱신된 차량의 위치정보와 현재 영상에서의 차량의 위치 정보를 비교하는 과정에서 발견되는데 이전영상에서의 차량들 중 둘 이상의 차량이 현재 영상의 하나의 차량을 연관성이 높은 차량이라고 판단할 때이다. 이 경우 차량이 검사 영역을 벗어났는지를 판단하고 벗어나지 않았다면 겹침이 발생했다고 판단하고 분할 과정을 수행한다.

겹침 차량 분할은 이전 분류 형태로 수행된다. 예로 차량 a, b, c 세대의 차량이 겹침이 발생한다면 b, c를 하나로 묶어 B라고 정의하고 a와 B의 분할 문제로 변환한다. a와 B가 분할되면 B를 b, c로 분할하여 분할 과정을 마치게 된다. 그러므로 두 대의 차량을 분할 방법을 적용하여 여러 대의 차량을 분할할 수 있다.

그림 7은 겹침 차량 분할 방법에 대한 도식화이고 겹침 제거에 관한 알고리즘은 다음과 같다.

step 1 겹침이 발생한 차량들을 탐지한다.

step 2 이전 영상의 객체 A, B와 현재 영상의 객체C의 거리를 비교하고 A, B 중 가장 가까이 있는 객체를 선택한다(그림 7㉑).

step 3 선택된 객체 A와 C의 대응점을 찾는다. 여기서 대응점은 A, C의 상, 하, 좌, 우의 위치 정보를 바탕으로 각각의 객체를 감싸는 사각형의 꼭지점을 $AP_1, AP_2, AP_3, AP_4, CP_1, CP_2, CP_3, CP_4$ 이라고 할 때 두 사각

형의 꼭지점 중 변화량이 가장 작은 꼭지점을 선택하여 두 객체 A, C의 대응점으로 한다.

step 4 네 번째 과정은 대응점을 기준으로 이전 영상에서의 객체 A의 크기만큼 C를 분할하게 되고 남은 영역을 남아 있는 객체를 분할하기 위하여 남겨 둔다(그림 7㉒).

step 5 겹침이 발생한 모든 객체를 분할될 때까지 step 2, 3, 4를 반복 수행한다(그림 7㉓, ㉔).

step 6 겹침이 발생한 객체가 모두 분할되었다면 4.1절에서 설명한 위치 평균값을 이용하여 분할된 객체들의 크기를 변경한다. 이때 각각의 객체의 대응점을 기준으로 변화량을 적용하여 객체의 크기를 변경하게 된다. 예로 이전 영상에서 높이가 3, 넓이가 4인 객체가 있고 현재 영상에서 중심점의 위치에 따른 변화량이 110%라고 하면 대응점을 기준으로 높이를 3.3, 넓이를 4.4로 변경한다.

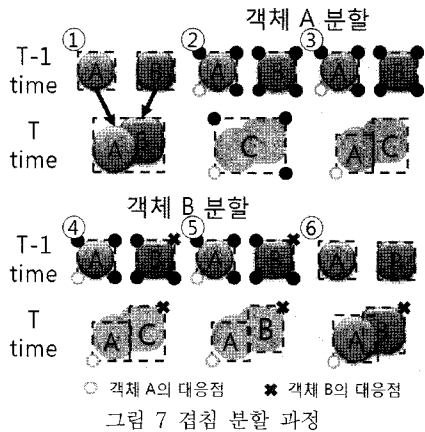


그림 7 겹침 분할 과정

5. 실험 결과

실험환경은 Intel Core 2 Duo 1.8GHz, Ram 2G이며 실험 영상으로는 실제 교통 정보 수집용 CCTV를 통해 수집된 영상으로 하였다. 실험결과는 표 2와 같다. 차량연관추적 성공율은 실제 교통량으로 나눈 백분율이며 추적 성공 차량수는 검사 영역에 차량이 진입하여 검사 영역을 벗어날 때까지 연관 추적을 성공하였을 경우이다.

표 2 추적 성공률

장소	실제 교통량	추적 성공	추적 실패	차량 검지율
나주대학삼거리	141	137	4	97.16%
화순지원 교차로	179	174	5	97.13%
나주 평동 산단	66	61	5	92.42%
나주 포충사	35	34	1	97.14%
양재 IC	144	139	5	96.53%
총	565	545	20	96.09%

표 3 실험 영상 분석

㉑실제 교통량 ㉒총 재생 시간(frame 수) ㉓차선 수(편도) ㉔frame 당 평균 점유 차량 수
 ㉕겹침 발생 차량 수 ㉖겹침 발생 횟수 ㉗겹침 발생 frame 수

장소	㉑	㉒	㉓	㉔	㉕	㉖	㉗
나주대학삼거리	141	11m28s(4826)	3	2.02	17	8	386
화순지원 교차로	179	11m57s(6438)	3	3.49	29	11	744
나주 평동 산단	66	7m10s(3919)	3	2.31	24	9	352
나주 포충사	35	2m17s(1436)	2	1.76	6	3	79
양재 IC	144	5m47s(5217)	4	12.9	34	11	674

표 4 제안 방법 비교 평가

장소	제안 방법	가상 검지선
나주대학삼거리	97.16%	89.36%
화순지원 교차로	97.13%	94.41%
나주 평동 산단	92.42%	90.9%
나주 포충사	97.14%	97.14%
양재 IC	96.53%	95.13%
총	96.09%	92.32%

실험결과 평균 96.09%의 연관 추적 성공률을 보였으며 처리시간은 초당 15 frame을 처리하여 실시간 처리가 가능하였다. 표 3은 실험영상의 차량의 통행량, 겹침의 정도를 측정된 결과이다. 차량의 오인식의 이유로는 버스과 같이 대형 차량에 의해 주행하던 차량들이 가려졌을 경우와 조명의 영향으로 차량 검출을 실패한 경우이다. 이러한 오인식은 주행방향 및 카메라의 각도에 따른 문제로 분석된다. 실험의 성능 측정을 위하여 동일한 영상에서 가상 검지선을 이용한 김의철[12]의 추적 결과와 비교하였다. 표4와 같이 제안 알고리즘이 좋은 성능을 보이고 있으며 객체 추적 과정까지 수행하므로 교통 정보 수집에 있어서도 더 효율적이다.

6. 결론

본 논문은 차량의 위치 평균값과 시공간 연관 정보 분석을 통해 연관 추적을 수행하고 겹침 차량에 대한 분할 방법을 제시함으로써 교통 정보를 수집 할 수 있는 새로운 기법을 제안하였다. 제안 방법은 초당 15프레임의 처리가 가능하며 다양한 환경에서 평균 96% 이상의 정확도를 보였으나 검사 영역에 버스나 대형 트럭과 같은 대형 차량으로 인해 연관 추적에 많은 어려움이 있었다. 또한 야간 환경에서 전조등 및 가로등 등 야간 조명에 관하여 추가적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] A. Yilmaz, O. Javed and M. Shah, "Object Tracking: A Survey," *ACM Computing Surveys*, vol.38, Issue 4, no.13, Dec. 2006.

[2] J. Zhou, D. Gao, D. Zhang, "Moving Vehicle Detection for Automatic Traffic Monitoring," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol.56, no.1, pp.51-59, 2007.

[3] N. Jacobs, R. Pless, "Time Scales in Video Surveillance," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol.18, no.8, Aug. 2008.

[4] S. Cheng, X. Luo, and S. M. Bhandarkar, "A Multiscale Parametric Background Model for Stationary Foreground Object Detection," In *Proc. IEEE Workshop on Motion and Video Computing (WMCV)*, pp.18, Feb. 2007.

[5] K. Garg and S. Nayar. "Vision and rain," *International Journal of Computer Vision*, vol.75, no.1, pp.3-27, Oct. 2007.

[6] T. Alexandropoulos, S. Boutas, V. Loumos, E. Kayafas, "Real-time change detection for surveillance in public transportation," *IEEE Conf. on Advanced Video and Signal Based Surveillance*, pp.58-63, 2005.

[7] N. M. Oliver, B. Rosario and A. P. Pentland, "A Bayesian Computer Vision System for Modeling Human Interactions," *IEEE Transactions PAMI*, vol.22, no.8, pp.831-843, Aug. 2000.

[8] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, pp.458-465, 1992.

[9] J. I. Agbinya and D. Rees, "Multi-object tracking in video," *Real Time Imaging*, vol.5, Issue 5, pp.295-304, 1999.

[10] D. Comaniciu and P. Meer, "Mean shift: a Robust Approach Toward Feature Space Analysis," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.24, pp.603-619, 2002.

[11] D. Roller, J. Daniilidis and H. Nagel, "Model-based Object Tracking in Monocular Image Sequences of Road Traffic Scenes," *International Journal of Computer Vision*, vol.10, no.3, pp.257-281, 1993.

[12] E. C. Kim, S. H. Kim, G. S. Lee and H. J. Yang, "Real-Time Traffic Information Collection Using Multiple Virtual Detection Lines," *Journal of KIPS*, vol.15B, no.6, pp.543-552, Dec. 2008.