

복수개의 동영상 시퀀스를 이용한 차량추적*

A Rule-Based Vehicle Tracking with Multiple Video Sequences

박은종* 소형준** 정성환*** 이준환****
(Eun-Jong Park) (Hyung-Junn So) (Sung-Hwan Jeong) (Joon-Whoan Lee)

요 약

비디오를 이용한 차량 추적 자동화 기술은 차량속도 등의 정확한 교통량 측정을 위해 중요하다. 그러나 단일 카메라로 취득된 비디오를 이용한 차량추적의 경우 카메라의 유한한 시계(field of view)때문에 추적범위가 제약된다. 차량추적 범위를 넓히고 차량행태에 대한 보다 많은 정보를 얻기 위해서는 복수개의 카메라로 연속된 추적영역을 촬영하여 분석하는 방식을 이용할 수 있다.

본 논문에서는 규칙기반 차량추적 알고리즘을 적용한 두 대의 동기된 비디오 시퀀스에서 연속적으로 추적하는 방식을 제안한다. 제안된 방법에서는 영상분석을 통해 나타날 수 있는 거의 모든 경우를 규칙을 만들기 위해 고려되었으며, 칼만 필터를 이용하여 예측성능을 향상시켰다. 제안된 연속된 비디오에서의 차량추적 방법은 확장된 추적범위에서 차량의 순간속도, 차량의 개별행태 등에 보다 많은 정보를 취득하는데 성공적으로 활용될 수 있다.

Abstract

Automatic tracking of vehicles is important to accurately estimate the traffic information including vehicle speeds in video-based traffic measurement systems. Because of the limited field of view, the range of visual tracking with a single camera is restricted. In order to enlarge the tracking range for better chance of monitoring the vehicle behaviors, a tracking with consecutive multiple video sequences is necessary.

This paper proposes a carefully designed rule-based vehicle tracking scheme and apply it for the tracking for two well synchronized video sequences. In the scheme, almost all possible cases that can appear in the video-based vehicle tracking are considered to make rules. Also, the rule based scheme is augmented with Kalman filter. The result of tracking can be successfully used to collect data such as temporal variation of vehicle speed and behavior of individual vehicle behaviors in the enlarged tracking region.

Key words : Automatic vehicle tracking; rule-based tracking, consecutive video sequences, Kalman filter, traffic information, vehicle behavior

본 연구는 2단계 BK21사업의 지원을 받았음

* 주저자 : 전북대학교 전자정보 공학부 영상공학과 박사과정

** 공저자 : 전북대학교 전자정보 공학부 전자공학과 석사과정

*** 공저자 : 전북대학교 전자정보 공학부 컴퓨터공학과 박사과정

**** 공저자 : 전북대학교 전자정보 컴퓨터 공학과 교수(교신저자)

† 논문접수일 : 2007년 9월 14일

I. 서 론

도로의 효율적인 관리, 운영 및 제어에 필요한 교통 정보는 최근 ITS 발전과 더불어 그 중요성이 더더욱 부각 되고 있다. 또한 기존의 확실적인 교통 정보가 아닌 사용자가 필요로 하는 교통정보를 실시간 및 비 실시간으로 제공하는 텔레메틱스 서비스에서 정확한 교통량 정보가 가지는 의미는 매우 중요하다. 도로 동영상에서의 차량추적은 차량의 계수와 속도정보, 차종정보를 간접적으로 획득하는데 유용할 뿐만 아니라 도로상의 개별차량의 행태를 관찰하고 분석[1,2]하여 향후의 도로계획 등을 수립하는데도 유용한 정보를 제공한다. 그러나 단일 카메라로부터 얻은 동영상을 기반으로 추적시스템을 구성할 경우 카메라의 시계(field of view) 제약 때문에 추적범위가 제한적일 수밖에 없다. 일반적으로 추적범위가 짧으면 평균 속도 등의 산출에서는 영상계측의 오류에 따른 민감도가 증가하여 데이터의 신뢰성이 떨어지며, 제한된 추적범위에서는 개별차량의 행태 등의 해석에 제약이 될 수 있다.

이러한 문제는 두 대 이상의 동기된 카메라를 통해 얻어진 동영상을 모자이크하여 추적하는 방식으로 해결할 수도 있다[3]. 그러나 동영상 모자이크 구성에 많은 시간이 소요되고 또한 구성된 모자이크 동영상은 촬영조건에 따라 왜곡이 커져서 추적이 용이하지 못하게 만들 수도 있다. 본 논문에서는 추적범위를 늘리기 위해 두 대의 연속된 카메라로부터 제공되는 동기된 동영상을 이용하여 추적하는 방식을 제안한다. 제안된 방식은 실험을 통하여 그 유용성을 입증된 칼만 필터가 장착된 규칙기반 차량추적 방법을 사용하고 있다.[4-6] 따라서, 각각의 동영상에서의 추적방법은 이미 검증된 알고리즘을 적용하며[1,2], 본 논문에서 해결하려는 중요한 문제는 두 개의 동영상에서 차량객체의 동일시(identification) 문제이다. 일반적으로 임의로 촬영된 두 개 이상의 동영상에서 영상객체의 동일시 문제는 촬영에 사용된 카메라와 촬영대상의 기하학을 알거나 또는 촬영된 객체의 색상이나 형태 정보 등을 이용하여 해결될 수 있다. 그러나 도로 동영상의 경우 도로방향

과 수직 또는 수평방향으로 촬영하는 차선정보라는 선지식을 활용할 수 있기 때문에 복잡한 동일시 알고리즘을 적용할 필요가 없다[7]. 본 논문에서는 두 개의 동영상 촬영구간의 중첩을 전제로 한 동일시 방법을 제안하고, 이를 검증된 규칙기반 추적알고리즘 방법을[1,2] 적용한다.

모의실험 결과 두 대의 카메라로 촬영된 연속류 동영상을 이용하여 약1.9배까지의 추적범위에서 90%이상의 추적범위를 가질 수 있음을 확인하였다. 본 논문의 체제는 다음과 같다. 제2절에서는 제안된 추적방식의 개요, 규칙기반 차량추적 방법, 복수개의 동영상 시퀀스를 이용한 차량추적 방법 등을 설명하며, 제3절에서는 실험 및 결과를, 제4절에서는 결론을 요약한다.

II. 복수개의 동영상 시퀀스에서의 차량추적

단일의 카메라로 촬영된 연속류 동영상에서의 개별 차량추적은 복수개의 촬영된 동영상에서의 추적에 비해 빠르고 간단하지만 유한한 시계로 인하여 추적범위가 100m 내외로 제한된다. 이는 추적된 자료를 이용해 개별 차량의 속도 등을 해석하는데 있어서 신뢰성을 떨어뜨리는 원인이 될 뿐만 아니라 추적구간 내에서의 차량의 차선변화 및 추월 등의 행태정보를 추출해내는 데에도 제약이 된다. 즉 추적거리가 짧아지면 추적오차는 추적구간에서의 평균속도의 신뢰성에 더 많은 영향을 주며, 관찰 거리가 짧아지면 차량의 다양한 주행형태 관찰도 어려워진다.

이러한 문제는 동시에 서로 다른 도로부분을 촬영한 두 개 이상의 동영상을 활용하여 추적구간을 넓히고 이를 분석하여 해결할 수 있다. 두 개 이상의 동영상을 활용하는 방법에는 두가지 방법이 있다. 그 하나의 방법이 동영상 모자이크를 구성하여[3] 관찰구간을 넓히고 이 넓은 관찰 구간에서 추적을 진행하는 방법이며, 다른 하나의 방법은 두 개 이상의 동영상의 객체를 끊어짐 없이 추적하는 방법이다. 전자의 방법은 동영상 모자이크 구성에 많은 시간

이 소요되고 또한 구성된 모자이크 동영상은 촬영조건에 따라 왜곡이 커져서 추적이 용이하지 못하게 만들 수도 있다 [3]. 반면에 후자의 방법은 서로 다른 영상에 나타나는 동일객체를 정확하게 인식할 수 있어야 한다.

일반적으로 서로 다른 영상에 나타나는 동일객체를 인식하는 문제는 촬영에 사용된 카메라와 촬영대상의 기하학을 알거나 또는 촬영된 객체의 색상이나 형태 정보 등을 이용하여 해결될 수 있다. 그러나 도로 동영상의 경우 도로방향과 수직 또는 수평방향으로 촬영하는 차선정보라는 선지식을 활용할 수 있기 때문에 복잡한 동일시 알고리즘을 적용할 필요가 없다.

복수개의 동영상을 이용할 경우라도 각각의 동영상 시퀀스에서 이동객체의 추적 방법은 동일한 알고리즘을 사용한다 [1, 2]. 따라서, 복수개의 동영상에서의 이동객체의 추적문제는 동일한 추적알고리즘, 서로 다른 영상에서의 동일한 이동객체를 인식하는 방법이 근간이 된다. 본 절에서는 복수개의 동영상 시퀀스에서 차량추적에 적용될 추적알고리즘과 동일 객체의 인식 방법을 서술한다.

1. 칼만 필터를 장착한 규칙기반 추적

동영상 시퀀스에서 차량추적의 성능은 추적의 정확성과 효율성이라는 두 가지 요인으로 평가될 수 있다. 차량추적의 정확성이란 추적대상 즉 ROI(Region of Interest)가 실제 차량의 이동을 얼마나 정확하게 추적했는가를 의미한다. 차량추적의 정확성을 훼손하는 요인으로는 도로주위의 가로수, 시설물, 건물이나 도로상의 차량 그림자의 영향과 인접 차량과의 가려짐 등을 들 수 있는데, 이러한 요인들은 원래 추적차량에 비해 비정상적인 크기의 ROI를 가지게 하여 차종인식을 어렵게 할 수 있으며, 개별 차량이 아닌 복수개의 차량이 개별 차량으로 해석 되어 질수 있다.

추적의 효율성이라 함은 동영상 분석을 통해 얼마나 빠른 속도로 추적할 수 있는냐를 의미하는 것으로서, 아무리 우수한 정확도를 가지는 추적 알고

리즘이라 할지라도 너무 많은 계산량을 요하는 알고리즘은 그 효율성의 측면에서 부적합 하다고 말할 수 있다. 즉 이러한 정확성과 효율성 사이에는 어느정도 트레이드오프 관계가 존재한다.

기존의 추적알고리즘들을 살펴보면 3D 모델기반 추적방법은 뛰어난 정확성을 보장하지만 계산량과 메모리 요구량이 많아 인해 효율성이 떨어지는 문제점을 가지고 있으며, 영상감시등에서 이동객체 추적에 많이 사용되어 지는 평균이동(Mean-shift) 방법은[5,6] 얼굴 추적 등에 있어서는 우수한 정확성과 효율성을 보장하지만 도로표면에서의 차량 추적에는 그림자를 비롯해 도로와 유사한 칼라 정보를 가지는 차량들이 수시로 발생하기 때문에 정확성이 떨어지는 단점을 가지고 있다.

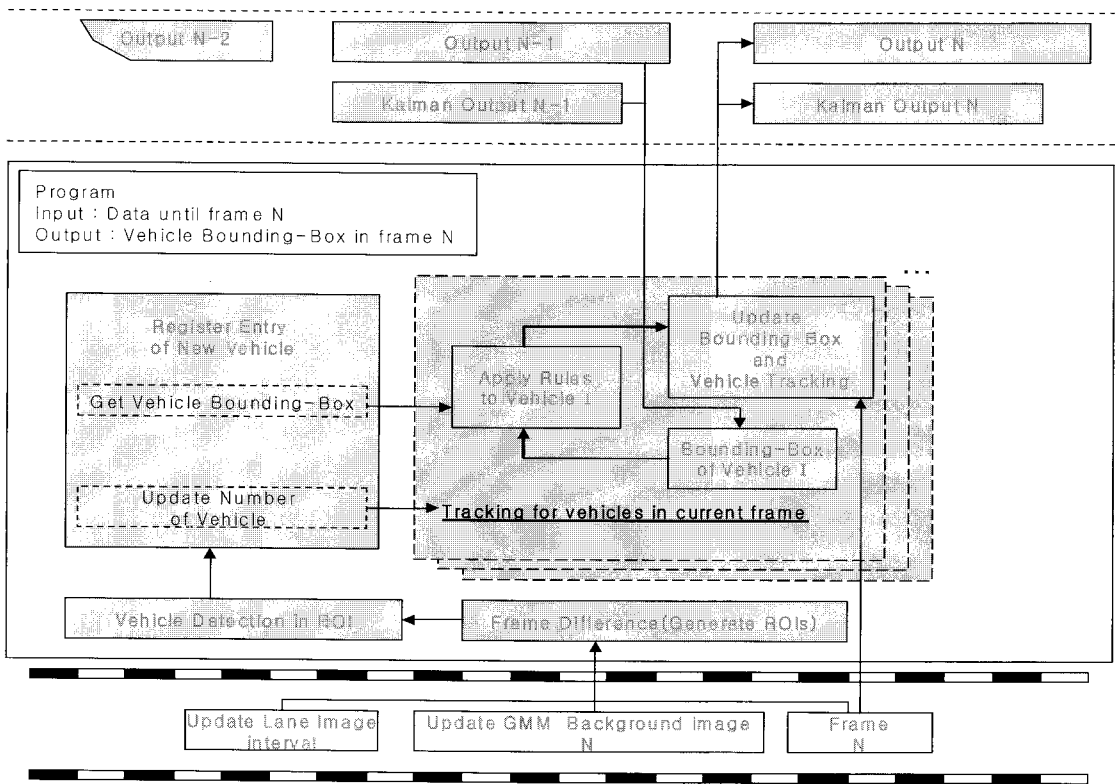
본 논문에서는 이러한 트레이드오프 관계를 고려하여 칼만 필터를 장착한 규칙기반 차량추적 알고리즘을 제안한다. 본 절에서 제안하는 규칙기반 차량추적 알고리즘의 흐름도는 <그림 1>과 같다. 본 알고리즘에서 얻어지는 정보는 매 프레임 차량객체를 포함하는 바운딩 박스(Bounding Box)의 위치정보와 크기정보이며, 얻어진 위치정보로부터 순간속도, 평균속도, 차선변경 및 추월 정보등을 간접적으로 알아낼 수 있으며, 크기정보로부터는 차량객체의 대략적인 크기를 알아내어 근사적인 차종구분이 가능하다.

1.1 기존 알고리즘을 이용한 전처리 과정(1,2)

1) 배경 및 ROI 추출

차량 추적은 현재 프레임(N)과 일정한 프레임 구간 마다 갱신된 배경영상(N)과 차선영상을 이용하여 먼저 현재 프레임의 ROI를 결정하는 부분과 결정된 ROI를 이용하여 추적하는 부분으로 나누어진다.

현재 프레임에서 추적 대상 차량 객체는 이전 프레임까지 추적된 차량과 현재 프레임에서 새롭게 추가된 차량을 포함하며, 추적이 완료된 차량객체는 추적 대상 차량 저장소에서 제거된다. 차량객체의 추적은 이전 (N-1)-프레임에서 추적 결과인 바운



<그림 1> 칼만필터를 이용한 규칙기반 차량 추적 알고리즘의 흐름도

<Fig. 1> Flow diagram of the rule-based tracking algorithm with Kalman filter

당 박스정보와 해당 차량의 칼만 예측치를 이용하여 현재 (N)-프레임에서의 ROI 영역들을 정합시킴으로서 진행된다.

배경영상은 GMM(Gaussian Mixture Model)을[8] 이용하여 주어진 검지 구간에 대해 일정한 프레임 구간마다 갱신된다. 매 프레임(1/30 초) 단위로 배경 영상 갱신이 이루어질 경우 계산량이 많기 때문에 어느 정도의 적응성이 유지될 수 있는 구간, 본 논문에서는 100 프레임(약 3.3초), 정도 마다 한 번씩 갱신되도록 하였다.

본 논문에서 제안한 ROI의 결정과정은 GMM을 통한 주어진 검지영역의 배경영상과 현재 프레임, 그리고 차선영상과의 차 영상(difference image)을 이용하였다. 생성된 차 영상에서 차선에 걸친 차량객체는 차선영상을 제외하는 과정에서 분리될 수 있기 때문에 형태학적 불림(dilation) 연산을[9] 수행하고 연결성분 라벨링(connected-component labeling)을

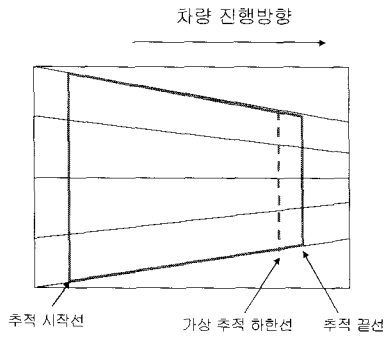
통해 차 영상에 남은 객체들은 독립적으로 처리된다. 이렇게 처리된 객체들은 너무 작은 크기의 잡음 객체들은 크기(size) 필터로 여과되며, 이를 통과한 객체들을 추적 대상으로 선정된다.

2) 차량 추적

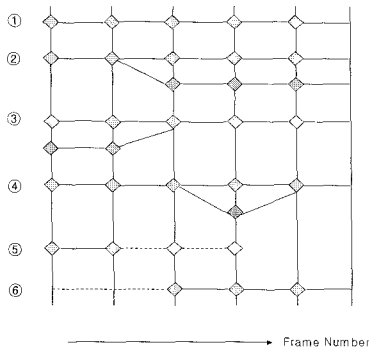
제안된 방법에서는 차량이 진행하는 방향의 추적영역을 가정한다. 추적시작은 추적영역의 시작선에 접하는 객체를 추적대상 차량으로 간주하며, 검지영역의 끝선에 도착하면 추적이 완료된다. 또한 추적 중에 새로운 추적대상 객체가 생성 될 수 있음을 가정하였으며, 추적대상 차량이 사라지는 경우 추적 영역내의 일정영역(가상추적 하한선 이내)에서는 가상 추적을 진행하고 영역 밖에서는 오류로 처리한다.

<그림 2(a)>는 추적영역과 가상추적 영역을 보여

주고 있으며, <그림 2(b)>는 제안된 추적 방법에서의 추적 가능한 경우를 나타낸 것으로 마름모들은 추출된 ROI들을 나타낸다. <그림 2(b)>에서 ①의 경우는 정상적인 차량의 추적을 의미하며, ②는 가려짐 등에 의해 두 대 이상의 차량이 동시에 추적되다가 분리되는 경우이고, ③은 두 대의 차량의 추적이 진행되다가 병합되어지는 경우이다.



(a) 차량 추적영역
(a) Area of vehicle tracking



(b) 추적가능 경우
(b) Possible cases of tracking

<그림 2>. 차량 추적영역 및 추적 가능한 경우들
<Fig. 2> Area of vehicle tracking and possible cases of tracking

④의 경우는 분리이후 또 다른 병합이 일어나는 경우를 나타내고, ⑤는 추적 도중 해당 객체가 사라지는 경우로 가상 추적영역까지는 이전의 칼만 필터의 예측치로 영역을 복사하여 가상적인 추적이

진행되지만 이 영역 밖에서는 오류로 처리된다. 즉 전처리의 오류 등으로 인해 일시적으로 가상추적 영역 내에서 추적 대상이 사라졌다 나타나는 경우에는 추적이 계속될 수 있도록 구성하였다. ⑥의 경우는 최초 시작 검지선에서는 크기 필터 등의 조건을 만족치 못해 검출되지 못했다가 임의의 프레임에서 ROI가 새롭게 나타난 상황을 나타내고 있다. 만약 새롭게 나타난 차량의 위치가 가상 추적 하한선 내에 있다면 새로운 차량으로 등록 시키며 추적을 진행하며, 그렇지 않은 경우에는 추적 대상에서 제외 시켰다.

제안된 방법에서 추적은 이전 (t-1) 프레임의 바운딩 박스와 현재 t 프레임의 연결된 ROI들의 매칭 과정을 통해 현재 프레임의 ROI들을 포함하는 바운딩 박스를 갱신하는 과정으로 진행된다. 여기서 매칭이란 바운딩 박스 내에 연결된 ROI의 중심이 포함되는지 여부를 관찰하는 과정이다. ROI 추출과정에서는 잡음객체 또는 차량의 중첩 등으로 복잡한 상황들이 존재한다. 본 논문에서는 영상의 전처리 과정에서 나타나는 이러한 현상들 가운데 대다수의 경우를 차지하는 정상추적과 분할과 병합에 대한 부분만을 기술한다. 기타 나머지 상황들은 [1]에 기술되어 있다. 제안된 차량추적 과정에서 규칙은 다음과 같다.

1.2 새롭게 제안된 복수개의 동영상 시퀀스에서 의 차량추적을 위한 과정

1) 차량추적을 위한 매칭과정

정의

- i) 바운딩 박스: 연결된 ROI를 포함하는 최소의 직사각형으로 (x_{min}, y_{min}) 과 (x_{max}, y_{max}) 의 범위로 설정된다. 여기서 (x_{min}, y_{min}) 와 (x_{max}, y_{max}) 는 연결된 ROI의 x, y 방향의 최소값과 최대값을 의미한다.
- ii) P_i = 프레임 (t-1)에서 i번째 ROI,
 C_j = 프레임 t에서 j번째 ROI
- iii) B_i = 프레임 (t-1)에서 P_i 를 포함하는 i번째 바운딩 박스

- iv) B_j = 프레임 t 에서 C_j 를 포함하는 j 번째 바운딩 박스
- v) K_i = 프레임 $(t-1)$ 에서 B_i 를 칼만 예측값으로 보정한 프레임 t 에서의 바운딩 박스

규칙

프레임 t 에서 K_i 이용 매칭 시도,
 만약 프레임 t 에 하나의 C_j 가 존재하면,
 C_j 를 포함하는 B_j 를 구성하고, 이를 프레임 $(t-1)$ 의 보정 이전 지점의 매칭 시도,
 만약 두 개 이상의 P_i 가 존재하면,
 프레임 t 에서 K_i 이용 C_j 를 분리하여 바운딩 박스들을 생성,
 그렇지 않고 하나의 P_i 가 존재하면 프레임 t 에서 K_i 이용 C_j 를 포함하는 바운딩 박스를 생성(A),
 만약 두 개 이상의 C_j 가 존재하면,
 K_i 와 겹치는 C_j 를 병합 하나의 바운딩 박스를 생성(B),
 새로운 바운딩 박스들의 위치를 이용 칼만 필터 보정

제안된 규칙에서 이전 프레임에서의 바운딩 박스를 칼만 필터에 의해 예측된 현재 프레임의 위치에 중첩하여 만약 바운딩 박스 내에 연결된 ROI 센터가 하나 존재하게 되면, 이 ROI를 포함하는 바운딩 박스 B_j 를 생성한다. 이렇게 새롭게 생성된 바운딩 박스를 이전 프레임의 원래 위치에 중첩하여 만약 한 개의 연결된 ROI만을 포함하면 정상추적의 경우이며 만약 두 개 이상의 ROI가 존재한다면 이는 이전 프레임의 두 개 이상의 ROI가 하나로 뭉쳐진 경우로 간주되어 분할과정을 수행한다. 또한 이전 프레임에서의 바운딩 박스를 칼만 필터에 의해 예측된 현재 프레임의 위치에 중첩시켜 만약 바운딩 박스 내에 연결된 ROI 센터가 하나 이상 존재하게 되면 이는 동일객체가 전처리 오류로 인해 분리된 경우로 간주되며, 이들 센터들을 가지는 ROI들을 하나로 합치는 병합과정을 거치게 된다.

제안된 방법에서 칼만 필터는 하나의 ROI를 포함하는 바운딩 박스에 4개의 위치를 예측 보정하며,

이 네 개의 위치는 바운딩 박스의 (x_{\min}, y_{\min}) 와 (x_{\max}, y_{\max}) 들이다. 하나의 위치를 예측하는데 활용된 칼만 필터의 시스템 방정식과 관측 방정식은

$$\begin{aligned} x_k &= Ax_k + Bu_k + w_k \\ y_k &= Cx_k + z_k \end{aligned} \quad (1)$$

과 같으며, 실제 계측 값과 칼만 이득을 이용한 위치 보정과 공분산의 보정은

$$\begin{aligned} K_k &= AP_k C^T (CP_k C^T + S_z)^{-1} \\ \hat{x}_{k+1} &= (Ax_k + Bu_k) + K_k (y_k - Cx_k) \\ P_{k+1} &= AP_k A^T + S_w - AP_k C^T S_z^{-1} C P_k A^T \end{aligned} \quad (2)$$

과 같이 이루어진다. 식 (1)에서 x 는 2차원 벡터로 위치와 속도의 상태변수를 의미하며, y 는 관측된 출력값을 의미한다. w, z 는 시스템 오차와 관측 참값과의 오차를 각각 의미한다. 또한 식 (2)에서의 K 는 칼만 이득을, \hat{x}_{k+1} 는 관측치 y_k 를 이용하여 보정된 현재 프레임에서의 위치와 위치 변화율을 의미하며, P_{k+1} 는 갱신된 공분산을 의미한다. 식 (1)과 (2)에서 상태천이를 표현하는 행렬 A 와 관측 행렬 C 오차 공분산 S_w, S_z 은 다음과 같이 설정하였다.

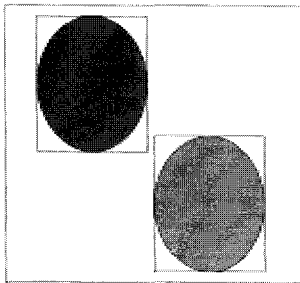
$$\begin{aligned} A &= \begin{bmatrix} 1 & 0.03 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0.0299 \\ 0.03 \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \\ S_w &= \begin{bmatrix} 1.44 \times 10^{-6} & 2.16 \times 10^{-8} \\ 2.16 \times 10^{-8} & 3.24 \times 10^{-10} \end{bmatrix}, S_z = [10.24] \end{aligned}$$

1-1) 객체들이 분리되어야 하는 경우

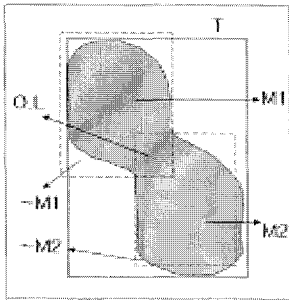
제안된 방법에서는 B_j 안에 포함된 두 개 이상의 연결된 ROI들을 분할해 내기 위해서 B_j 안에 포함되어 있는 이전 프레임의 B_i 들을 칼만 예측치로 보정한 K_i 들로 갱신하고, 그들 중 하나의 K_i 의 확장/축소를 시도한다. 이 경우 나머지 K_i 들은 고정된 위치와 크기를 가지며

$$\beta = |TM - (M_1 + M_2)| + |(\sim M_1 + \sim M_2)| + |O.L| \quad (3)$$

(식) 3을 최소화 할 때까지 확장/축소를 시도한다. 하나의 Ki에 대한 확장/축소가 끝나면, 아직 확정되지 못한 다른 Ki들도 하나씩 선택하여 확장/축소를 시도하며, 이 경우에도 식 (3)을 이미 확정되거나 확정되지 않은 나머지 Ki 들은 고정하고 최소화 하는 방법으로 시도한다. 이는 일종의 반복방법에 의한 최적화 방법으로 병렬적으로 모든 Ki들을 동시에 조정할 수 없기 때문에 나머지 Ki들은 고정된 채로 선택된 Ki를 조정하며, 이러한 과정은 라운드 로빈 (round robin)방법으로 반복적으로 적용하여 더 이상의 최소화가 진행되지 않을 때까지 반복하게 된다.



(a) t-1 frame



(b) t frame

<그림 3> 확장/축소 과정

<Fig. 3> Process of splitting by shrink and expansion

식 (3)을 최소화한다는 의미는 <그림 3>에 의해 설명할 수 있다. 분할과정에서 확장/축소 문제는 <그림 3(b)>에서 T 영역 안에 있는 객체 영역을 M1과 M2를 이용하여 최대로 덮되, 단순히 T 영역 안에서 M1과 M2를 최대화 하는 것이 아니라 객체가 아닌 빈 영역인 ~M과 오브젝트 상호간에 중첩되는 영역인 O.L을 최소화해야 한다. 식 (1)에서 TM은 T 영역 안에 있는 객체영역만을 의미하며 첫 번째 항은 객체영역이 최대로 덮게 하기 위한 부분이며, 두 번째 항은 분리된 바운딩 박스 각각이 비객체 영역을 최소한으로 포함하여야 함을 의미하고, 세 번째 항은 중첩된 부분이 최소화 되어야 함을 의미한다.

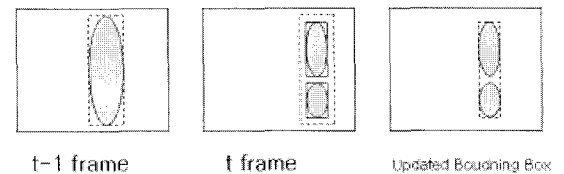
이 관정을 통해 분리된 객체의 바운딩 박스 M1과 M2의 (x_{min}, y_{min}) 와 (x_{max}, y_{max}) 들은 칼만 필터의 관측치로 활용된다.

1-2) 동일 객체로 병합되어야 하는 경우

이 경우는 이전 프레임까지 동일한 객체로 추적되다가 현재 프레임에서 전처리과정 등의 불완전성으로 분할되었다고 가정한다. 따라서 이들 ROI들은 한 객체로 간주되며 병합된다. 이러한 현상은 상대적으로 큰 차량인 버스나 트럭 등에서 전처리의 불완전성으로 큰 객체에서 작은 객체들이 떨어져 나온 경우이며, <그림 4>는 이 병합과정을 보여준다.

2. 복수개의 비디오 시퀀스를 이용한 연속추적

복수개의 카메라로 촬영된 비디오에서의 연결된 객체추적은 두 개의 동영상에 나타난 동일한 객체들에 대한 인식이 필요하다. 즉 한 동영상 프레임의



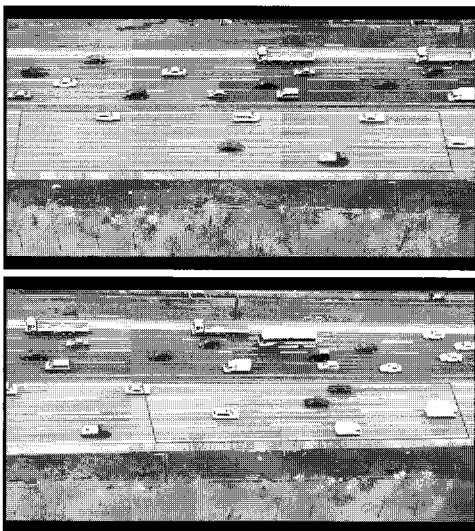
<그림 4> 동일 객체로 병합되는 과정

<Fig. 4> Process of being merged into identical object

어떤 객체가 시간이 지난 뒤 다른 동영상 프레임에 나타날 때 이를 동일 객체로 인식하는 작업이 필요하다. 일반적으로 이러한 동일시 문제는 카메라들과 피사체의 기하학적인 구조를 활용하여 인식할 수도 있으며, 다른 방법으로는 두 영상에 나타나는 객체의 칼라, 형태 등의 특징을 이용하여 인식할 수도 있다.

제안된 방법에서는 도로영상이라는 특수성 때문에 도로상이나 도로주변의 특징을 이용하는 방법을 제안한다. 즉 서로 유사한 관점을 가지는 카메라로 약간의 중첩에 의해 촬영된 두 연속된 도로영상은 차선이라는 중요한 정보를 공유하며, 그 중첩구간이 짧을 경우에는 차량의 차선변화는 없다고 가정할 수 있다. 따라서 복잡한 동일시 알고리즘을 적용하지 않더라도 동일차량을 인식하는데 문제가 발생하지 않는다.

<그림 5>는 동시에 촬영된 두 개의 동영상 시퀀스의 프레임들을 보여주고 있다. 그림에서 차량은 좌측영상에서 우측영상으로 진입한다면 중첩된 부



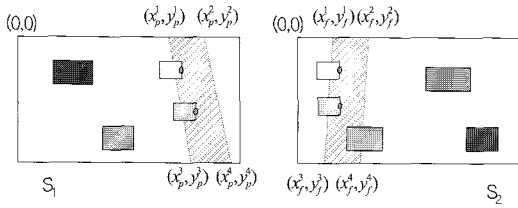
<그림 5> 좌우 두 개의 동기된 비디오의 추적 영역
<Fig. 5> Tracking areas of two synchronized videos

분의 1차선과 4차선의 두 대의 차량은 동일차량이며 차량추적은 각 영상에서 연속적으로 동일차량으로 인식하며 진행되어야 한다.

제안된 방법에서는 각각의 비디오 시퀀스에 독립적으로 전절에서 언급한 동일한 차량 추적 규칙을 적용한다. 단지 중첩된 추적영역에서 동일차량이 확인되면 이전 영상에서의 추적객체 인식번호를 다음 영상에서도 유지한다.

1) 동일차량 인식 방법

<그림 6>은 제안된 방법을 설명하기 위한 개념도이다. <그림 6>에서 S1은 <그림 5>의 위쪽 영상의 추적영역, S2는 아래쪽 영상의 추적영역이라고 하고, 차량은 좌측영상에서 우측영상으로 진행한다고 가정하자. 그림의 빗금친 영역은 좌우 두 비디오의 중첩된 구간이라고 가정하자. 일반적으로 좌우 비디오의 촬영 각도가 같지 않기 때문에 중첩된 구간은 그림에서와 같이 서로 다른 형태일 수 있다. 따라서 S1의 중첩영역의 시작선을 지나가는 객체의 바운딩 박스와 S2의 동일선상을 통과하는 객체의 바운딩 박스는 일반적으로 그 크기와 형태가 다를 수 있다. 따라서 동일한 객체인지를 확인하기 위해서는 이러한 크기와 형태의 불일치를 해결하여야 한다. 본 논에서는 <그림 6>의 빗금친 중첩영역의 4쌍의 점들을 이용하여 투영변환을 구성하고 이를 이용하여 크기와 형태를 조정된 후 비교하는 방법을 적용하였다. 즉 S2의 중첩영역에서 생성되어 결정되지 않은 ROI의 바운딩 박스들의 전면 중앙 점들은 구성된 투영변환을 이용하여 변환되고, 이미 추적번호가 부여된 S1의 중첩영역의 바운딩 박스들의 전면 중앙 점들과 비교하여 가장 가까운 바운딩 박스의 추적번호를 부여받는다. 여기서 중첩영역이 넓지 않으면 그 영역의 도로면이 평평하다는 가정을 적용할 수 있으며, 두 영상의 중첩영역은 2차원 투영변환 관계를 가진다.



<그림 6> 중첩영역과 동일 차량인식
 <Fig. 6> Overlapped region and vehicle identification

이러한 과정을 수식으로 표현하면 식 (4)와 같다.

$$\text{Matched Label} = \arg \min_j (\|T(a_i) - r_j\|),$$

where a_i : undetermined bounding box in S_2
 r_j : bounding box from S_1

$$\|T(a_i) - r_j\| = \sqrt{(T(a_i).x) - r_j.x)^2 + (T(a_i).y) - r_j.y)^2}$$

$T(\cdot)$: Persepective transform

(4)

식 (4)에서 T는 전술한 바와 같이 <그림 6>의 중첩 영역의 4개의 코너점 쌍을 이용하여 구한 이차원평면의 투영변환이며, 식 (4)는 차량진행 앞단의 중앙점간의 거리오차가 가장 작은 S1의 바운딩 박스의 추적번호를 S2의 바운딩 박스가 승계한다. 이렇게 승계받은 번호의 S2의 바운딩 박스의 칼만 필터 예측치는 T-1 즉 T의 역변환에 의하여 위치가 조정되어 연속된다.

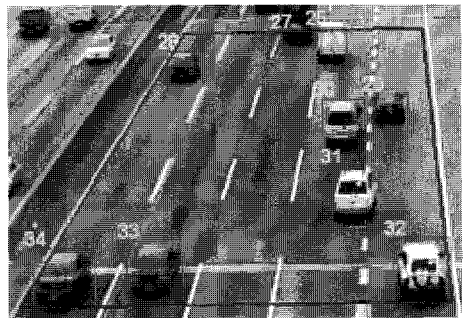
III. 실험 및 결과

본 논문에서는 제안된 칼만필터를 장착한 규칙 기반 알고리즘의 추적성능을 알아보기 위해 단일 비디오 시퀀스에 대한 추적실험을 우선 시행하였으며, 복수개의 비디오 시퀀스에 적용하는 추적실험을 진행하였다. 실험을 위해 Direct Show 기반의 동영상 컨트롤을 사용하였으며, Pentium4 D 3.0GHz, 2GB RAM을 사용하였다.

1. 단일 비디오 시퀀스에서의 실험

본 실험에서 사용된 실험 영상은 서울 양재 IC 상에서 촬영한 영상으로서 720x480의 영상 사이즈와 22539프레임(약 15분)의 길이를 가지는 데이터로 <그림 8>은 실험 영상의 추적과정을 나타낸 것이다. 칼만 필터를 장착한 제안알고리즘의 정확도를 측정한 결과는 <표 1>과 같다. <표 2>는 추적 오류 상황을 나타내고 있다.

<표 2>에서 추적 미완성이란 가상검지 영역 밖에서 차량객체가 나타나지 않는 프레임이 존재하여 추적에 실패한 경우를 의미하며, 추적 불가란 카메라의 흔들림 등으로 인해 차선이나 노이즈 등을 차량 객체로 잘못 인식하여 발생한 상황이다. 분리추적이란 원래 한 객체를 복수개의 객체로 추적한 경우이며, 병합추적이란 가려짐 등에 의해 복수객체를 한 객체로 추적한 경우를 의미한다. 병합추적의 경우는 완전 가려짐 등의 경우를 포함하기 때문에 인간의 시각으로도 구별하기 어려운 경우를 포함하며, <그림 2>의 ③과 ④의 경우를 포함하여 오류로 가정하기 어려운 경우임을 감안할 때 추적 정확도는 더 높아질 수 있다. 제안된 알고리즘은 칼만 필터를 장착하지 않은 경우의 규칙기반 방법에 비교하여 약 4%의 정확도 개선이 있었다. 처리속도 면에서는 기존의 규칙기반 방법에 비해 칼만 필터 적용에 따른 시간이 포함되기 때문에 느려진다.



<그림 7> 단일 비디오의 추적과정
 <Fig. 7> Tracking with a single video sequence

<표 1> 통과 차량에 대한 추적 정확도
<Table 1> Tracking accuracy of passing cars

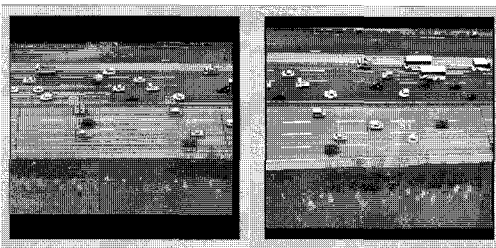
실제 통과 차량 수(a)	오류 추적 대수(b)	추적 성공률 $\{(a)-(c)\} / (a)$
1353	86	93.64%

<표 2> 추적 오류 상황 표
<Table 2> Cases of tracking errors

오류 유형		오류 대수
추적 미완성		25
추적 불가		3
추적 오류	분리추적	13
	병합추적	45
계		86

2. 복수개의 비디오 시퀀스의 연속추적

본 실험은 동기된 두 대의 카메라로 촬영된 복수개의 비디오에서 제안된 연속추적 방법의 적합성을 알아보기 위해 진행되었다. 실험에 사용된 영상은 <그림 8>과 같으며 두 영상들의 중복된 영역을 제외한 실제 추적 구간의 길이는 약 130m 이며, 원도우즈 환경에서 멀티 쓰레드 기법을 이용하였다. <표 3>은 복수개의 비디오 시퀀스에서 추적 성공률을 보여주고 있다. 실제 추적 성공률은 차량 추적거리가 길어짐에 따라 객체의 분리 병합의 가능성이



<그림 8> 복수개의 비디오 시퀀스의 추적화면
<Figure 8> Screen shot of two video sequences for experiment

<표 3> 복수개의 비디오 시퀀스의 통과 차량에 대한 추적 정확도

<Table 3> The accuracy of tracking with two video sequences

실제 통과 차량 수 (a)	오류 추적 대수(b)	추적 성공률 $\{(a)-(b)\} / (a)$
384	37	90.36%

<표 4> 추적 오류 상황 표
<Table 4> Types of tracking errors

오류 유형		오류 대수
추적 미완성		22
추적 오류	분리 추적	3
	병합 추적	12
Total		37

커지며, 좌우 영상의 동일차량 인식의 오류등의 이유로 단일 비디오에서 보다 떨어진다.

<표 3>은 복수개의 비디오 시퀀스에서의 추적 성공률을 보여주고 있다.

IV. 결 론

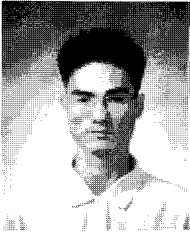
도로 영상에서의 개별차량의 추적은 차량의 계수와 속도정보, 차종정보를 획득하는데 유용할 뿐만 아니라 개별차량의 주행행태를 관찰하고 분석하여, 도로계획 등을 수립하는데도 유용하다. 그러나 단일 카메라로 취득된 비디오를 이용한 차량추적의 경우 카메라의 유한한 시계(field of view)때문에 추적범위가 제약된다. 차량추적 범위를 넓히고 차량행태에 대한 보다 많은 정보를 얻기 위해서는 복수개의 카메라로 연속된 추적영역을 촬영하여 분석하는 방식을 이용할 수 있다. 본 논문에서는 규칙기반 차량추적 알고리즘을 적용한 두 대의 동기된 비디오 시퀀스에서 연속적으로 추적하는 방식을 제안한

다. 제안된 방법에서는 영상분석을 통해 나타낼 수 있는 거의 모든 경우를 규칙을 만들기 위해 고려되었으며, 칼만 필터를 이용하여 예측성능을 향상시켰다. 제안된 연속된 비디오에서의 차량추적 방법은 확장된 추적범위에서 차량의 순간속도, 차량의 개별행태 등에 보다 많은 정보를 취득하는데 성공적으로 활용될 수 있다.

참고문헌

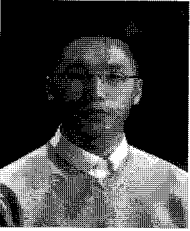
- [1] 박은중, 이준환, “비디오 영상에서 규칙기반 차량추적에 관한 연구“, *한국 ITS 학회논문지*, 제4권, 제2호, pp. 1-11, Aug. 2005.
- [2] 박은중, *컴퓨터 비전을 이용한 오픈라인 및 실시간 교통량 조사 시스템*, 전북대 석사 학위 논문, 2005. 02.
- [3] 이정현, 김준철, 이준환, “차량 추적을 위한 비디오 모자이크 방법“, *한국정보처리학회 논문지*, 제13권, 제2호, pp. 77-80, 2006. 11.
- [4] Y. K. Yung and Y. S. Ho, “A feature-based vehicle tracking system in congested traffic video sequences,” *Proc. Second IEEE Pacific Rim Conf. on Multimedia*, vol. 2195, pp. 190-197, Oct. 2001.
- [5] R. Patil, P. E. Rybski, T. Kanade, and M. M. Veloso, “People detection and tracking in high resolution panoramic video mosaic,” *Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. Intelligent Robots and Systems*, vol. 2, pp. 1323-1328, Sept. 2004.
- [6] D. Comaniciu, V. Ramesh, and P. Meer, “Real-time tracking of non-rigid objects using mean shift,” *Proc. IEEE Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2, pp. 142-149, June 2000.
- [7] S. Gupte, O. Masoud, R. F. K. Martin, and N. P. Papanikolopoulos, “Detection and classification of vehicles,” *IEEE Trans. Intelligent Transport. Systems*, vol. 3, no 1, pp. 37-47, Mar. 2002.
- [8] D. S. Lee, “Effective gaussian mixture learning for video background subtraction,” *IEEE Trans. PAMI*, vol. 27, no 5, pp. 827-832, May 2005.
- [9] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Second Edition, Prentice Hall, New Jersey, pp. 523-532, 2002.

저자소개



박 은 중 (Park, Eun-Jong)

2003년 : 군산대학교 컴퓨터정보학과(공학사)
2005년 : 전북대학교 전자공학과(공학석사)
2005년 ~ 현재 : 전북대학교 영상공학과 박사과정



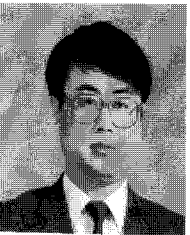
소 형 준 (So, Hyung-Jun)

2004년 : 전북대학교 전자정보공학부(공학사)
2004년 3월~현재 : 전북대학교 전자공학과 석사과정
2005년 2월~현재 : 도로교통안전관리공단 연구원



정 성 환 (Jeong, Sung-Hwan)

2004년 : 전주대학교 컴퓨터공학, 정보통신공학(공학사)
2006년 : 전북대학교 의용생체공학과(공학석사)
2007년 3월~현재 : 전북대학교 컴퓨터공학과 박사과정



이 준 환 (Lee, Joon-Whoan)

1980년 : 한양대학교 전자공학과(공학사)
1982년 : 한국과학기술원 전자공학과(공학석사)
1982년 ~ 1985년 : 전북대학교 전자공학과 조교
1985년 ~ 1987년 : 전북대학교 전자공학과 전임강사
1990년 : 미주리대학 전산학과(공학박사)
1990년 ~ 현재 : 전북대학교 전자정보공학부 교수