DBpia

도로에서 주행하는 차량의 움직임 추적에 관한 연구

정회원 서 창 진*, 조 재 현**, 박 철 우***

A Study on Vehicle Tracking System in Roadway

Chang-Jin Seo*, Jae-Hyun Cho**, Chul-Woo Park*** *Regular Members*

요 약

도로상에서 주행하는 차량의 움직임을 추적하여 계수하는 목적은 차량의 교통량을 측정하여 지능형 교통시스템의 실시간 첨단 교통 관제의 데이터로 사용하려는 것이며 또한 기존의 기계식 루프 검지기가 가지는 유지보수의 문제를 해결하려는 데 있다. 본 논문에서는 도로에서 주행하는 차량의 움직임 추적 및 탐지하려고 할 때 가변 탐색영역 설정으로 차량의 이동궤적을 추적하여 계수 하는 방법을 제안한다. 기존의 교통량 측정 방법은 고정된 계수영역 설정으로 이동 차량의 속도 및 크기에 민감하지만 제안하는 방법은 검지영역을 설정하지 않고 차량의 이동 속도 및 크기에 상관없이 계수를 할 수 있다. 가변적인 탐색영역 설정에 Kalman 필터의 예측기법과 이노베이션을 이용하여 차량의 다음 이동지점을 예측하여 차량의 이동궤적 추적에 사용하므로써 기존의 고정영역 탐색 기법에 비하여 빠르게 차량의 이동궤적을 추적할 수 있다. 실험 결과 고정 탐색영역을 사용하는 방식보다 가변 탐색영역을 사용하는 방식이 더 나은 추적 성공률을 보임을 나타낸다.

ABSTRACT

Counting and tracking vehicles on the roadway is in order to get information for ITS(Intelligent Transport System) and maintain loop detector. In this paper, we propose a method for traffic measurement system using variable search area and counting method by moving trajectory tracking. Previous method using fixed search area is sensitive to the trajectory and the size of vehicle . But our method can count a high accuracy of traffic measurement by using a innovation and a predictive value of kalman filter. Simulation results show that proposed method increase the possibility of traffic measurement more than fixed area traffic measurement system.

Ⅰ. 서 론

지능형교통시스템(ITS:Intelligent Transport System)은 교통체계의 효율성과 안전성을 제고하기 위하여 기존의 교통체계에 전자, 정보, 통신, 제어 등의 지능형 기술을 접목시킨 차세대 교통체계이다. 지능형 교통시스템은 교통관리, 교통정보제공, 대중교통 및 화물차량의 운영과 차량제작에 이르기까지 교통 전 분야 걸쳐 신기술을 응용한 총체적인 교통체계 혁신사업으로서, 21세기 정보화 사회에 부합하는 신속, 안전, 쾌적한 교통체계를 구현하는데 그 목표를 두고 있다[9]. 지능형 교통시스템은 도로의 변화하는 환경을 실시간으로 분석하여 현재의 도로환경을 개선하는 방향으로 교통량의 흐름을 조절하는 시스템이다. 이러한 지능형 교통시스템의 구축을 위해서는 도로의 상황을 실시간으로 파악할 수 있는 데이터 수집 기능이 선행되어야 한다. 도로상에서 주행하는 차량의 움직임을 추적하는 목적은 도로상에서 이동하는 차량의 교통량을 측정하여 지능형 교통시스템의 실시간 첨단교통관제에 필요한 데이터로 사용되어질 수 있기 때문이다. 기존의 연구방법에서는 차

* 성덕대학 컴퓨터 정보계열(cjseo@lion.sd-c.ac.kr)
** 지산대학 전산정보처리과(jhcho@cup.ac.kr)
*** 동부산대학 정보통신과(cwpark@sb.dpc.ac.kr)
논문번호 : 00014-0309, 접수일자 : 2000년 3월 9일

www.dbpia.co.kr

량외 움직이는 이동궤적 추적을 하지 않고 단지 차량의 계수에만 목적을 두고 교통량을 측정하기 때문에 이동 차량의 크기 및 속도에 민감하다[1]. 이러한 문제로 차량을 탐지하기 위한 이동차량의 속도 및 크기에 관한 계수영역 설정문제가 발생하게 된다[14]. 하지만 본 논문에서는 차량의 이동궤적 추적과정 중에 차량의 계수를 포함시키므로 이동차량의 속도 및 크기에 상관없이 차량을 계수할 수 있다. 본 논문에서는 지능형 교통시스템의 구축에 필요한 자료를 제공하는 시스템으로 차량의 움직임 추적을 위한 Kalman 필터의 구성방안을 제안하며, 이를 이용한 차량의 이동궤적 추적방법과 계수방법을 제안하고자 한다.

Ⅱ. 관련 연구

2.1 단일영상을 이용한 영상분할

단일 영상을 사용하는 방법에는 영상의 색상정보, 에지, 명암정보변화를 이용하여 물체의 움직임을 탐지하는 방법이 존재한다. 영상의 색상정보를 이용하는 방법은 영상내의 색상의 분포에 근거하여 물체 탐지에 이용한다. 하지만 영상내의 물체의 특징이 갖는 색상 분포가 항상 일정하여야 한다는 가정이 필요하다. 그리고 실제 시스템의 구성에 사용되어지는 변수에 따라서 산출되어지는 결과가 달라지므로 정확한 물체의 분리를 요구하는 추적시스템에서 사용하기는 적합하지 않다[11]. 에지(edge)정보의 분석으로 영상내에 존재하는 물체를 탐지하는 방법으로는 영상내의 에지정보 탐색으로 물체를 탐지할 수 있다. 하지만 영상내의 물체는 항상 배경과 일정치 이상의 밝기 변화를 가져야 한다는 제약사항이 존재하며 영상의 전처리과정에서 상당한 오버헤드(overhead)가 발생되어진다[6].

명암정보(intensity information)변화를 이용하는 방법은 영상 내에서 입의의 검지영역(detection area)을 정해놓고 영상내의 배경정보와 이동물체의 명암의 밝기 정보를 분석하여 물체를 탐지하는 방법이다. 이러한 방법은 초기검지영역을 설정하여 검지영역에서의 밝기변화와 물체의 영역에서 발생되어지는 밝기변화를 분석하여 물체를 탐지하는 방법이다. 하지만 이동물체의 속도 및 크기에 의한 초기검지영역(initial detection area) 크기 설정에 문제가 있다[2,15].

2.3 복수영상을 이용한 영상분할

복수 영상에서의 영상분할(image segmentation)은 두 장 이상의 영상에서 깊이정보(depth information)를 추출하여 영상의 분할에 사용한다. 이 방법의 일반적인 문제점은 이동물체의 움직임이 폐색(occlusion)되는 경우와 영상간의 이동물체의 움직임이 존재하지 않는 경우에 정확한 물체를 분리하기 어렵다는 단점이 있다[12]. 하지만 영상간의 처리가 단일 영상을 이용한 영상분할보다 빠른 계산속도를 가진다는 장점이 있다.

2.3.1 배경영상을 이용한 물체의 탐지

배경영상을 이용하여 이동물체를 탐지하는 방법은 주어진 (2.1)에서와 같이 배경영상과 입력영상과의 간단한 차영상(differential image)으로 원하는 이동물체 형태를 쉽게 탐지할 수 있는 장점이 있다. 하지만 실제환경은 시간의 변화에 따라 지속적으로 밝기 및 대비가 변화한다. 그래서 배경영상의 지속적인 수정이 필요하다. 제약적인 환경에서는 배경영상을 구하는 방법이 존재하나 비교적 영상내의 이동물체의 개체(object)의 수가 많은 경우 또는 이동물체의 변화가 비강체(non-rigid) 운동을 하는 경우에는 잔상(ghost)현상 등이 발생되어질 문제가 있으므로 영상내의 변화가 많은 추적에는 문제점이 존재한다[10].

$$Result = Background_Frame - Current_Frame \tag{2.1}$$

2.3.2 인접영상을 이용한 물체의 탐지

인접영상을 이용하여 이동물체를 탐지하는 방법은 영상의 두 프레임(frame)을 사용하는 방법과 세 프레임을 사용하여 물체를 추출하는 방법으로 분류할 수 있다. 두 프레임을 사용하는 방법은 (2.2)와 같이 인접영상의 차연산으로 물체를 탐지할 수 있다. 하지만 두 물체의 영상간 위치가 폐색된 경우 결과영상에서 정확한 물체의 형태를 추출하는 것에 어려움이 따른다. 폐색된 경우 결과 영상에서 프레임간의 전후 관계를 규명하는 작업이 필요하다[8].

$$Result = Frame(t) - Frame(t-1) \tag{2.2}$$

세 프레임을 사용하는 방법은 (2.3)과 같이 인접영상간의 차영상의 결과를 이용하여 생성되어진 두 개의 결과영상의 곱연산(AND)으로 중간프레임에 존재하는 물체를 추출할 수 있다. 이러한 방법은 두 프레임간 이동물체가 폐색된 경우에도 결과영상의 곱연산(AND)으로 물체의 형태를 추출할 수 있다.

www.dbpia.co.kr

본 논문에서는 이동물체의 움직임이 폐색이 되어있을 경우에도 물체의 형태를 추출하기 위하여 세 프레임을 사용하여 물체를 탐지한다[10,13].

$$Temp_One = Frame(t) - Frame(t-1) \quad (2.3)$$

$$Temp_Two = Frame(t+1) - Frame(t)$$

$$Result = Temp_One \ AND \ Temp_Two$$

Ⅲ. Kalman 필터를 이용한 움직임 추적

실세계환경에서 물체의 추적은 상당히 어려운 작업이다. 그 이유는 영상의 연속적인 변화와 방대한 양의 데이터 처리를 필요로 하며 또한 데이터 처리에 높은 속도가 요구되어지기 때문이다. 본 장에서는 실제 도로상에서 촬영된 영상을 이용하여 세 프레임간의 차영상 분석기법을 기반으로 하여 차량의 형태를 탐지하는 방법과 4-방향 이웃정보를 이용하여 차량의 형태정보를 복원하는 방법 및 영역정합을 위한 기법을 제시한다. 그리고 본 논문에서 제안하는 가변적 탐색영역을 통한 이동궤적 추적을 위한 Kalman 필터의 구성방법과 제안하는 이동 궤적 추적을 이용한 차량 계수방법을 제시하고자 한다. 전체 시스템의 흐름도는 Fig 3.1과 같다.

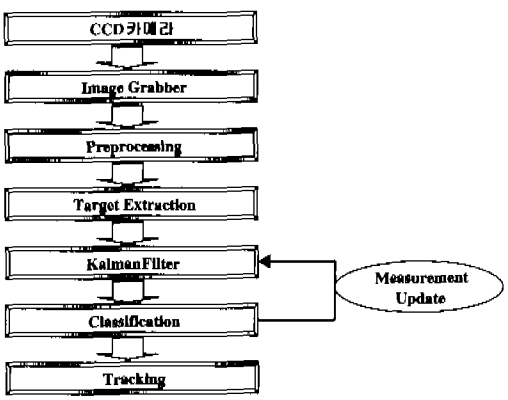


Fig 3.1 System flow chart

3.1 차량의 탐지

3.1.1 세 프레임간 연산을 통한 차량의 형태추출

본 논문에서는 세 프레임간의 차영상(differential image) 분석기법을 기반으로 하여 차량의 형태를 추출한다. 세 프레임간의 연산방식을 사용하는 주된 이유는 인접한 프레임간의 차영상 결과를 이용하여 중간 프레임에 존재하는 물체의 형태를 환경의 변화에 민감하지 않게 추출할 수 있기 때문이다.

3.1.2 차량 형태정보의 복원

세 프레임간의 차영상 분석기법으로 생성되어지는 결과영상에서 형태정보의 지역성(locality)을 이용하여 차량의 위치를 탐지하게 된다[10,11,13]. 하지만 실제 프레임상에서 차량의 폐색과 결과영상 생성을 위하여 사용되어지는 역치(threshold)값의 선정문제로 인하여 차량영상 내부에 존재하는 모든 형태정보가 추출되어지지 않는 경우가 발생되어진다. 이러한 문제점을 보완하기 위해서 4-방향의 이웃정보를 이용하여 세 프레임간의 연산과정중 복원되지 않은 차량의 형태정보를 복원한다. 4-방향의 이웃정보를 사용하는 주된 이유는 세 프레임간의 차연산 결과영상에 남는 정보의 형태는 일반적으로 주위의 테두리 정보이며 내부의 정보는 차량간의 폐색으로 인하여 비교적 나타나지 않는다. 실제 차량의 형태정보 복원방법에는 에지(edge) 탐색과 에지 탐색중 단선 되어진 형태를 복원하여 내부에 존재하는 물체의 형태를 복원하여야 하나 실시간으로 이러한 방법을 적용하기에는 어려움이 있으므로 본 논문에서는 4-방향 이웃정보에 의하여 차량의 형태복원을 한다. 4-방향 이웃정보에 의한 형태정보 복원은 다음과 같다.

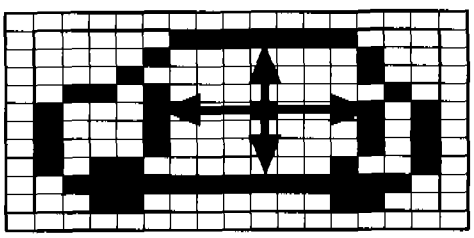


Fig 3.2 Vehicle figure by four-negiborhood information

그리고 또한 결과영상에서 차량의 형태가 끊어져서 탐지되어지는 경우도 발생되어진다. 이런 문제로 인하여 하나의 차량이 두 대 이상의 차량으로 판단되어지는 경우가 발생되어진다. 그러므로 인접위치에서 탐지되어진 차량의 영역병합(region merge)과정이 필요하다[3,4]. 실제 도로상에서 주행하는 차량의 형태는 소형, 중형, 대형으로 분류되어지고 영상의 y축의 하단 방향으로 물체의 크기가 변화하는 형태를 보인다. 이러한 상황을 고려하여 현재 y축에서 탐지되어진 차량의 상하좌우 길이의 한계정보를 이용하여 인접한 위치에 존재하는 차량을 병합한다. 병합을 위한 단계는 다음과 같다.

www.dbpia.co.kr

[알고리즘 1] 인접영역 차량병합알고리즘

입력 : 탐지된 차량들의 중심점 및 크기
Car_Centroid, Car_Length

출력 : 병합된차량의 중심점, 크기
Merge_Car_Centroid, Merge_Car_Length

과정 :

Step 1:

if(Car_Centroid − Neighborhood_Car_Centroid < Range_Ok) go Step2
otherwise Exit

Step 2 : if(Car_Length < Limit_Size) go Step3
otherwise Exit

Step 3 :

if(Find_NeiborHood_Car < Range_Ok) Car_Merge
otherwise Exit

Fig 3.3 인접영역 차량병합 알고리즘

3.2 Kalman 필터

Kalman 필터는 시스템 상태의 최적예측인 선형 최소오차(LMV: Linear Minimum Variance of error) 예측을 위한 순차적이면서 재귀적인 알고리즘을 제공한다. Kalman 필터는 잡음이 따르는 측정을 하게되는 시스템의 실시간 추적에 사용되어지는 베이지 추정기법을 사용한다[1,5,7]. Kalman 필터는 현 상태의 벡터 x_t에 대한 일정시간 경과 후 전개된 상태를 묘사하는 시스템 모델이다. 상태들 사이의 천이는 알려진 천이(transition)행렬 Φ_t와 공분산(covariance) Q_t의 가우시안 잡음의 첨가에 의해 특징지어진다[7].

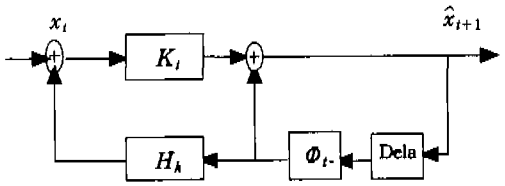


Fig 3.4 Block diagram of Kalman filter

추적을 위한 Kalman 필터의 효율적인 구성을 위하여 먼저 적절한 운동모델의 설정이 필요하며 본 논문의 차량의 운동모델에서 사용된 가정은 다음과 같다.

(1) 관성운동을 하는 차량은 일반적으로 완만하게 움직이므로 운동 파라미터의 급격한 변화는 발 생하지 않는다.

(2) 추적 목표의 속도는 인접한 시간 축에서는 상수 외 값을 가지는 비교적 등가속도 운동을 한다.

운동모델의 상태변수는 영상에서의 현재 좌표 점과 (x, y)축 방향의 변량으로 설정한다. 시간 t에서의 추적목표의 상태벡터는 (3.1)과 같다.

$$x(t) = [x(t)\ y(t)\ \Delta x\ \Delta y]^T \tag{3.1}$$

운동모델의 상태변수를 이용한 이산치 시간후의 예측을 위한 상태방정식은 (3.2)와 같다.

$$x(k+1) = \Phi(x)x(k) + w(k) \tag{3.2}$$

여기서 : $\Phi(x)$: 상태천이행렬, $w(k)$: prediction error, 평균 0, 공분산행렬 $Q(k)$인 가우시안 분포.

목표물체의 궤적은 등가속도 운동을 한다고 가정하고 물체의 이동방향은 비교적 선형적으로 변화한다고 가정을 하면 상태천이 행렬은 (3.3)과 같이 정의된다.

$$\Phi(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \Delta t & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \Delta t \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{3.3}$$

칼만필터는 측정값들의 집합에 기반 하여 시스템의 상태를 예측한다. 그리고 시스템의 상태와 측정값들의 집합은 선형관계가 있다고 가정을 하면 (3.4)와 같이 정의되어진다.

$$z(k) = H(k)x(k) + v(k) \tag{3.4}$$

여기서 : $z(k)$: 관측값의 집합, $H(k)$: 관측행렬
$v(k)$: 측정잡음(measurement error), 평균 0, 공분산행렬 $R(k)$인 가우시안 분포

본 논문에서는 입력 벡터의 차원이 좌표점과 x, y 축상의 변량을 가지는 4차원 벡터를 가지므로 관측행렬 H_k는 (3.5)와 같이 정의되어진다.

$$H(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \tag{3.5}$$

여기서 $H(k)$는 상태영역에서 관측영역으로 매핑하는 관측행렬이며, $w(k)$, $v(k)$는 운동잡음과 측정잡음으로 평균이 0이고 공분산행렬이 각각 $Q(k)$, $R(k)$인 가우시안 분포를 가지며 서로 독립적인 확률과정으로 가정한다.

www.dbpia.co.kr

이 모델에 대한 칼만 필터의 상태예측은 다음과 같은 과정으로 수행된다. 먼저 $k-1$시간에서 구한 예측상태벡터 $\hat{x}(k|k-1)$과 예측 공분산행렬 $P(k|k-1)$과 k시간에서의 측정값 $z(k)$로 k시간에서의 추정상태 $\hat{x}(k|k)$, 추정오차 공분산행렬 $P(k|k)$를 각각 (3.6), (3.7), (3.8)로 계산되어진다.

$$\hat{x}(k|k) = \hat{x}(k|k-1) + K(k)[z(k) - H(k)\hat{x}(k|k-1)] \tag{3.6}$$

$$K(k) = P(k|k-1)H(k)^T \cdot [H(k)P(k|k-1)H(k)^T + R(k)]^{-1} \tag{3.7}$$

$$P(k|k) = [I - K(k)H(k)]P(k|k-1) \tag{3.8}$$

이를 이용한 $k+1$시간에서의 상태예측과 공분산 예측은 (3.9), (3.10)로 계산되어진다.

$$\hat{x}(k+1) = \Phi(k)\hat{x}(k) \tag{3.9}$$

$$P(k+1|k) = \Phi(k)P(k|k)\Phi(k)^T + Q(k)^T \tag{3.10}$$

(3.9)와 (3.10)의 결과는 다시 다음 상태의 예측을 위한 (3.6), (3.7), (3.8)식의 입력으로 사용되어 Kalman 순환을 구성한다.

위와 같은 상태예측 과정에서 k시간에서의 예측값 $\hat{z}(k|k-1)$과 측정값 $z(k)$와의 오차성분 $v(k)$를 (3.11)과 (3.12)로 측정할 수 있다.

$$\hat{z}(k|k-1) = H(k)\hat{x}(k|k-1) \tag{3.11}$$

$$v(k) = z(k) - \hat{z}(k|k-1) \tag{3.12}$$

이 때의 오차성분 $v(k)$를 이노베이션(innovation)이라 하며, 다음 차량의 이동 궤적 탐지과정에서 제안하는 가변적인 탐색영역 설정 정보로 사용된다.

3.3 가변적 탐색영역을 통한 물체 추적 및 계수

본 장에서는 이전 프레임에서 생성되어진 예측지점을 중심으로 이노베이션의 확률적 분포 특성을 이용한 각 차량의 가변 탐색 영역 설정 방법을 제안한다. 기존의 연구에서 차량 계수 방법은 차량의 이동 궤적을 고려하지 않고 단지 이전 프레임에서 탐지되어진 차량의 이동점의 특성만을 고려한 대응관계만을 계산한다. 이러한 방법에서는 프레임간의 대응관계 계산에 주위에 존재하는 여러 차량에 대하여 검색을 하여야 하므로 상대적으로 계산량이 많아진다. 그렇지만 시간의 흐름에 따라 변화하는 차량의 이동궤적을 이용하면 탐색영역(scope)을 합리적으로 변화시킬 수 있다. 여기서 탐색영역이란 다음 프레임에서 차량이 최대 움직일 수 있는 거리를 계산하여 설정한 목적한 영역을 말한다. 일반적으로 트랩(trap)이라고도 한다.

탐색영역 범위는 교통량 측정을 위하여 설정해 놓은 영상의 영역 범위를 의미하며, 전체 영상을 탐색영역 범위로 정할 경우 영상의 첫 행과 끝 행의 사이가 된다. 그리고 탐색영역을 전체 영상으로 하면 한 대의 차량이 FOV(field of view)내에 진입하여 빠져나가는 시점까지 지속으로 차량의 위치에서 전후방향으로 계산이 이루어져야 한다. 따라서 차량의 대응관계 계산을 위하여 여러 번의 비교 과정이 불가피하게 진행된다[15].

반면에 탐색 범위를 일정한 범위로 고정하는 경우 다음과 같은 문제가 발생할 수 있다.

(1) 차량의 이동속도가 빠르고 탐색 범위가 작으면 차량이 측정되지 않고 통과 될 수 있다.

(2) 이동 속도가 느리고 탐색 범위가 크면 불필요한 추적이 계속되어 측정 시간이 많이 소요된다.

그러므로 탐색영역은 각각 차량의 이동 벡터에 기반 하여 설정되어야 한다. 차량의 이동벡터에 따라 탄력적으로 탐색영역을 제한하면 다음과 같은 장점이 있다.

(1) 탐색 범위를 영상전체에서 부분으로 축소함으로 서 차량 추적 시간을 단축 할 수 있다.

(2) 불필요한 이동 추적이 이루어지지 않음으로써 이동 추적 알고리즘을 단순화할 수 있다.

이러한 탐색영역설정은 이동물체를 추적하는데 불필요한 계산을 줄여 속도를 개선할 수 있는 장점이 있다. 가변적인 탐색영역 설정을 위해서는 차량의 이동 궤적의 분산정보를 알아야 한다. 이러한 분산정보의 계산을 위하여 Kalman 필터의 이노베이션의 정보를 이용한다. 이노베이션의 의미는 실제 측정치와 이전프레임에서 예측되어진 예측치와의 오차이다. 이러한 오차의 정보는 Kalman 필터의 weight를 수정하는 Kalman 이득과정에서 계산되어지며 실제 관측치에 근접한 예측치 계산을 위하여 사용되어진다. 이러한 이유로 제안하는 가변적인 탐색영역 설정을 위하여 차량의 추적되어져온 궤적의 실측치와 예측치와의 오차정보인 이노베이션을 사용하여 가변적 탐색영역을 설정한다.제안하는 이노베이션을 이용하는 가변적 탐색영역설정은 알고리즘2

www.dbpia.co.kr

와 같다.

[알고리즘 2] 가변적 탐색영역설정

입력 : 측정되어진 이노베이션 $v(k)$

출력 : 가변탐색영역 $Search_Area(x, y)$

과정

Step 1 : $v(k) = z(k) - \hat{z}(k|k-1)$

Step 2 : for i = 1 to k

BEGINfor

$$Search_Area = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} v(i) + v(k)$$

ENDfor

차량의 운동이 점차 선형운동을 할 경우 이노베이션의 값은 0의 값에 근사하여 진다. 이러한 경우 차량의 가속운동이나 진행방향의 효율이 변화하는 경우 현재 프레임에서 생성되어진 이노베이션의 값만으로는 탐색영역 설정에 문제발생 가능성을 가지게 된다. 그러므로 이전 추적에서 발생되어진 이노베이션의 평균정보를 이용한다. 차량의 이동에 따라 점차 이노베이션의 값이 감소하므로 평균정보도 감소하게 되는 형태를 가진다. 하지만 초기에 발생되어진 이노베이션의 값은 상당히 크게 측정되어지므로 차량의 추적이 시작되어 추적이 만료되는 시점까지 가변적인 탐색영역은 0에 근사하지 않는다. 이러한 이유로 인하여 가변적 탐색영역 설정에 이전 추적에서 발생되어진 차량의 이노베이션의 평균을 첨가하여 최소 탐색영역 크기를 보장하도록 한다.

기존의 연구에서는 차량의 이동궤적을 고려하지 않고 일반적으로 프레임내의 일정영역을 계수지역으로 선정하여 물체를 탐지하는 방법을 사용하고 있다[2,15]. 이러한 연구의 단점은 차량의 이동 속도나 크기 등의 영향에 민감하여 차량의 계수에 실패할 가능성이 있으며 이동차량을 계수하기 위한 계수영역법위 선택에 문제점을 가지고 있다. 하지만 제안하는 차량의 계수방법은 기존의 방법이 가지고 있는 계수영역을 사용하지 않고 이전 프레임에서 추적되어져온 차량의 이동궤적 추적 횟수가 일정횟수 이상으로 추적되어지면 하나의 차량으로 계수를 한다. 이러한 방법의 장점은 영상 내에서 갑작스러운 환경의 변화로 잘못 탐지된 영역에 대하여 민감하게 반응하지 않으므로 기존의 계수영역을 설정한 시스템보다 안정적인 차량의 계수를 할 수 있다. 이동 궤적 추적에 의한 차량의 계수는 다음과 같다.

[알고리즘 3] 이동궤적 추적횟수에 따르는 차량 계수

입력 : 차량의 이동궤적 추적횟수 $Tracking_Step$

출력 : 차량의 계수 $Count$

과정 :

$Step\ 1$:

$$if(\ Lower_{boundary} \le Tracking_{step} \le Upper_{boundary}\ )\ Count_{On}$$

$$otherwise \qquad Tracking_{continue}$$

Ⅳ. 실험 및 결과분석

제안하는 가변적인 탐색영역 설정을 위한 Kalman 필터의 구성방법과 알고리즘의 성능을 측정하기 위하여 편도 4차선의 실제 도로환경에서 촬영되어진 영상을 가지고 실험을 하였다. 실험에 사용한 영상은 320×240의 256-Gray Level로 실험에 사용을 하였다. Table 4.1은 제안하는 가변탐색영역과 고정된 탐색영역설정으로 실험영상1을 이용하여 차량의 움직임 추적결과 계수 되어진 차량의 수를 제시한 결과이다. 실험결과 제안하는 가변탐색영역을 설정한 차량의 계수방법이 Kalman 필터를 사용한 고정된 탐색영역을 설정한 방법보다 2%정도 우수하다는 것을 알 수 있었으며 Table 4.2에 실험결과가 나타나 있다. 고정된 탐색영역기법 사용시 탐색영역이 협소한 경우에는 차량의 이동점을 탐지하지 못하여 추적오류를 발생하였으며, 탐색영역이 큰 경우에는 인접도로 차량과 혼선으로 인하여 추적오류를 발생하였다. 논문에서 제안하는 가변적 탐지영역은 차량의 이동속도 벡터에 의하여 탐지영역을 설정하므로 차량의 이동속도에 유동적으로 탐지할 수 있다.

Fig 4.1은 세 프레임의 연산결과 생성되어진 차량의 형태정보이다. 이러한 정보는 차영상의 이치화에 적용된 역치(threshold)의 선정문제로 인하여 깨

Table 4.1 Experiment of vehicle tracking by image 1 (955f)

	제안하는 알고리즘	탐색영역 30*30	탐색영역 40*40	탐색영역 50*50	탐색영역 60*60
실제 통과차량	98대	98대	98대	98대	98대
추적성공 차량	97대	70대	96대	96대	94대
추적 오류	1대	28대	2대	2대	4대
추적 성공률	98.97%	71.42%	97.95%	97.95%	95.91%

www.dbpia.co.kr

Table 4.2 Experiment of vehicle tracking by image 1 (1530f)

	제안하는 알고리즘	탐색영역 30*30	탐색영역 40*40	탐색영역 50*50	탐색영역 60*60
실제 통과차량	178대	178대	178대	178대	178대
추적성공 차량	175대	120대	172대	171대	173대
추적 오류	3대	58대	6대	7대	5대
추적 성공률	98.31%	67.41%	96.62%	96.06%	97.19%

갖한 형태의 정보를 보장할 수 없다. 그래서 이러한 형태정보를 4-방향의 이웃정보 검증에 의하여 차량의 형태정보를 복원하였다. 복원은 [Fig 4.2]에서와 같이 생성되어진다.

이렇게 생성되어진 형태정보의 중심점을 탐지하여 Kalman 필터의 운동상태벡터로 구성을 하여 다음 프레임의 예측위치를 산출하였다. 그리고 제안하는 가변적 탐색영역설정으로 차량의 이동궤적 추적에 사용하였다. [Fig 4.3]은 Kalman 필터의 측정값과 예측 값을 표현한 것이다 실선은 실제 차량의 이동 궤적이며 점선은 이전 프레임에서 생성되어진 예측 값이다. (a)에서 (c)까지는 실제 추적 과정 중에 탐지되어진 차량의 영역을 표시하며 현재 프레임과 이전 프레임과의 대응관계 계산에 의한 이동궤적을 표현하였다. [Fig 4.4]는 실험에 사용한 인터페이스 환경을 나타낸다. 실험결과 등가속도 운동을 하는 차량의 움직임 궤적추적에 가변적 탐색영역설정을 하는 Kalman 필터의 적용은 효율적인 차량추적 및 계수에 대한 가능성을 알 수 있었다.본 논문에서는 실제 차량의 탐지 후 이전 프레임에서 생성되어진 예측값과 관측값과의 차이로 구성되어지는 이노베이션의 값에 의한 가변적 탐색영역을 제공하므로 고정된 탐색영역을 가지는 시스템보다 효율적인 차량의 계수 및 탐지를 할 수 있는 것으로 실험결과 알 수 있었다.

그리고 차량의 이동궤적을 차량의 계수과정에 포함시키므로 일반적인 차량의 계수영역을 가지는 시스템보다 효율적인 차량의 계수를 할 수 있었다. 도로상에서 차량이 Δt시간 동안 이동할 수 있는 변화는 차량의 속도가 아주 빠른 경우에도 실제 이동벡터는 비교적 선형으로 변화를 하며 속도벡터의 변화는 급격하게 발생하지는 않았다. 본 논문에서는 Δt시간을 0.1초와 0.2초의 주기로 영상을 변환하여 실험에 사용하였으며 실험결과 나타난 문제점 두 가지를 보였다.

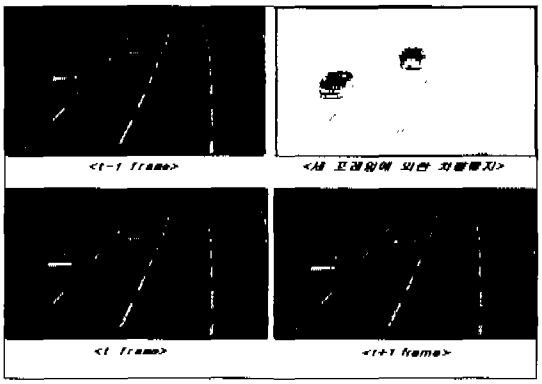


Fig 4.1 Operation Result of Tree frames

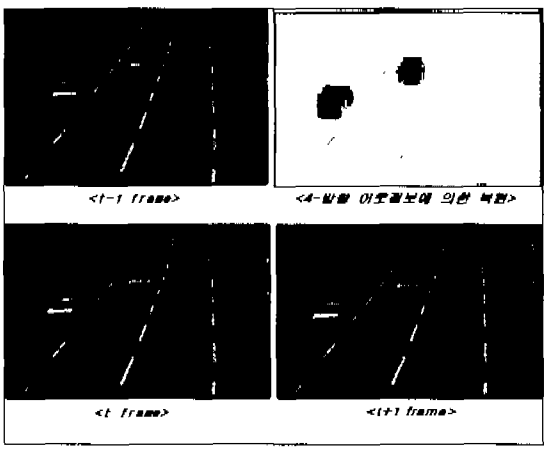
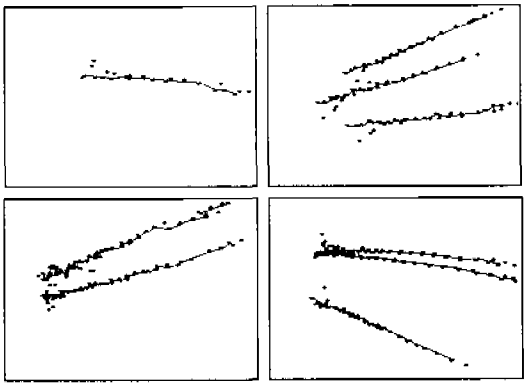


Fig 4.2 Vehicle restoration using 4 neighborhood

(1) 두 대 이상의 차량이 하나의 차량으로 병합되어져 판단되는 경우
(2) 한 대의 차량이 두 대 이상의 차량으로 분리되어 판단되는 경우

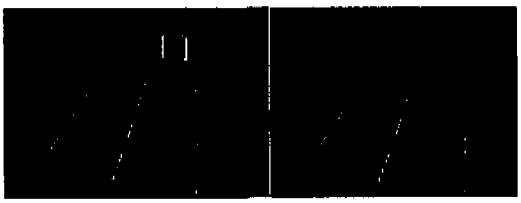
(1),(2)의 경우는 실제 환경에서 표현되어질 수 있는 차량의 최대 크기 산정 및 최소 크기와 차선의 정보를 이용하여 해결되어 질 수 있다. 하지만 도로상에서 주행하는 차량의 크기는 소형과 중형 그리고 대형에 따라 모두 상이하므로 본 실험에서는 소형의 차량이 대형의 크기 이내로 병합되어지는 경우 (1)의 문제가 발생하였다. 그리고 대형차량의 부분크기가 소형크기 이상으로 판단되어지는 경우 (2)의 문제가 발생하였다.

www.dbpia.co.kr

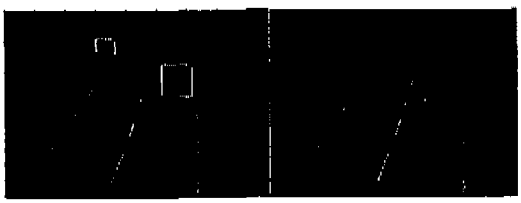


Solid line : real trace of vehicle
doted line: prediction value of Kalman filter

Fig 4.3 Prediction value and measurement value of Kalman filter



(a) t=1



(b) t=5

(c) t=15

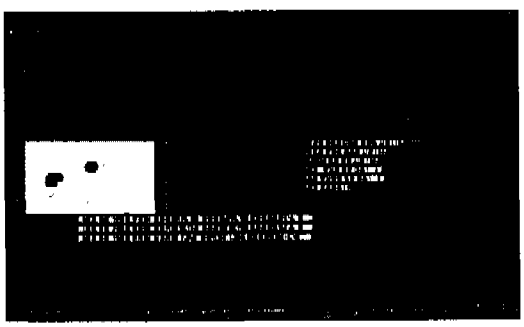


Fig 4.4 Interface environment of experiment

V. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 차량의 움직임 추적에 가변적인 탐색영역과 이동궤적 추적에 의한 제수방법을 제시하여 기존의 방법이 가지는 교통량 측정을 위한 계수영역 설정방법 보다 정밀한 교통량 측정방법에 대하여 제안하였다. 물체의 상태를 표현하는 상태벡터를 중심점과 중심점의 이동변량으로 설정하였다. 추적을 위한 현재 탐지점의 예측지점을 설정하여 물체를 추적함으로 일정 탐색영역을 설정하여 차량의 움직인 궤적을 탐지하는 기법에 비하여 불필요한 과정을 거치지 않으므로 빠르게 차량의 움직임을 추적 할 수 있었다. .향후 연구 과제로는 여러 대의 차량이 교차 진행하거나 근접주행을 할 경우에 여러 대의 차량이 하나의 차량으로 합병되는 경우 이를 해결하는 방안을 모색하는 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] K. Takahashi, T. Kitamura, M. Takatoo, Y. Kobaytashi, Y. Satoh, "Traffic Flow Measuring System by Image Processing," IAPR workshop on Machine Visione Application, 1996.11.

[2] C. K. Chui, G. Chen, *Kalman Filtering with Real-Time Application*, Springer-Verlag, pp. 42-45, 1991.

[3] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle, *Image Processing Analysis and Machine Vision*, Chapman & Hill Computing, pp. 113-178, 1995.

[4] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Publishing Company Inc, pp. 413-470, 1993.

[5] Robert G. Brown, *Introduction Random Signal Analysis and Kalman* Gadinent-based Object Localisation and Reocognition," IEEE, 1996.

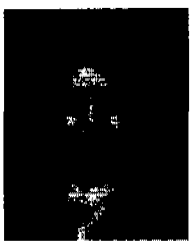
[6] T. N. Tan, G. D. Sullivan, K. D. Baker, "Efficient Image *Filtering*, John Wiley & Sons, pp. 181-204, 1983.

[7] Welch, Gregory, Gary Bishop. "An Introduction to the Kalman Filter," University of North Carolina, Department of Computer cience, Technical Report 95-041, 1995.

www.dbpia.co.kr

[8] 김계영, 이은주, 최형일, "차영상 분석에 의한 동작 정보의 추출," 한국정보과학회 논문지, 제21권, 제8호, 1994.08.
[9] 김종혁, "첨단 교통관리 시스템," 한국정보과학회지, 제16권, 제6호 1998.06.
[10] 서창진, 최은주, 양황규, 차의영, "동적 배경이미지 추출에 의한 자동 보행자 추적," 한국정보과학회 추계학술발표 논문집, 1997.10.
[11] 서창진, 김선숙, 차의영, "영상검지기를 이용한 자동차추적시스템에 관한 연구," 한국정보과학회 추계학술발표논문집, 1998.10.
[12] 오창윤, 물체와 배경의 분리를 이용한 물체 추적, 포항공과대학교 석사학위 논문, 1994.02.
[13] 육창근, 서창진, 양황규, 차의영, "모자이크 배경이미지 추출에 의한 자동 보행자 추적에 관한 연구," 한국정보과학회 춘계학술발표논문집, 1998.04.

서 창 진(Chang-Jin Seo) 정회원



1997년 : 경성대학교 전산통계학과 (이학사)
1999년 : 부산대학교 대학원 (이학석사)
2000년~현재 : 성덕대학 컴퓨터정보계열 전임강사

<주관심 분야 > 신경망, 멀티미디어, 컴퓨터비젼

조 재 현(Jae-Hyun Cho) 정회원

1986년 : 부산대학교 계산통계학과 (이학사)
1989년 : 숭실대학교 대학원 (공학석사)
1998년 : 부산대학교 대학원 (이학박사)

1993~현재 : 지산대학 전산정보처리과 부교수
<주관심 분야 > 신경망, 영상처리 및 컴퓨터비젼

박 철 우(Cheol-Woo Park) 정회원

1982년 : 동아대학교 전자공학과 (공학사)
1986년 : 동아대학교 대학원 (공학석사)
1996년 : 동아대학교 대학원 (공학박사)

1989~현재 : 동부산대학 정보통신과 부교수
<주관심 분야> Image Processing, Computer Vision, 신경망

www.dbpia.co.kr