1999년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 1999. 7.19-21

스테레오를 이용한 차량 검출 및 추적

윤 세 진, 우 동 민
명지대학교 정보제어 공학과

Vehicle extraction and tracking of stereo

Seijin Youn, Dongmin Woo
Dept. of Information & Control Eng. Myongji Univ.

Abstract - We know the traffic information about the velocity and position of vehicle by extraction and tracking vehicle from continuosly obtained road image of camera. The conventional method of vehicle detection indicate increment of error due to headlight and taillight in night road image.
This paper show such as vehicle detection of binary, Edge detection, amalgamation of image are applied to extract the vehicle, and Kalman filter is adaptive methods for tracking position and velocity of vehicle.

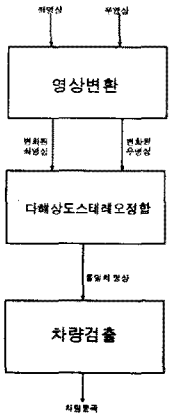
1. 서 론

연속적으로 취득된 도로 영상으로부터 차량을 검출하고 추적하여 차량의 흐름과 속도 등의 교통 정보를 추출하는 기법을 연구하였다. 기존의 차량 검출 기법에서는 야간의 도로 영상의 경우에 전조등, 후미등에 의해서 차량의 원래의 위치 및 모양과는 다른 값들이 나오는 경우가 빈번하게 발생하였다. 본 연구에서는 실시간 도로영상의 처리를 위하여 차량 검출 과정에서 영상의 이치화, 윤곽선 검출, 윤곽선 병합의 방법을 사용하여 검출하였고, 추적 과정은 Kalman filter를 이용하였다.

2. 본 론

2.1 차량 검출

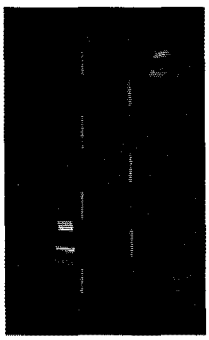
본 연구에서는 차량 검출 방법으로 실시간 도로영상의 처리를 위하여 다해상도 기법에 의한 돌출부와 바닥면 영상으로 나누어 차량의 윤곽선을 검출하고 이것을 병합하여 차량을 인식하는 기법을 사용하였다.



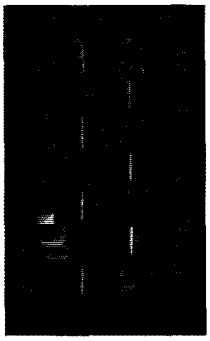
〈차량 검출 과정〉

2.1.1 영상 변환

좌영상과 우영상의 도로 영상을 바닥면 영상으로 변환하기 위해서는 영상좌표와 실세계 도로 바닥면과의 상관관계가 결정되어야 한다. 이 상관 관계를 결정하기 위하여 카메라 보정 방법을 사용하였다. 다음의 그림은 좌·우 영상을 바닥면 영상으로 변환한 것이다.



<좌영상의 바닥면 영상>



<우영상의 바닥면 영상>

2.1.2 스테레오 정합

본 연구에서는 3차원의 형상을 인식하기보다는 3차원 실세계에서 도로면인 부분과 돌출된 부분만으로 분리 인식함에 의해서 실시간 처리가 가능하도록 하였다. 차량 검지시 차량의 자세한 3차원 형태를 구하는 것이 아니라, 차량 형태의 정확한 윤곽을 구하는 것이다. 돌출부를 인식할 때 바닥면에서 k ㎜까지의 모든 물체를 바닥면으로 인식하고 k ㎜이상의 것은 돌출부로 인식한다. 따라서 도로상의 그림자, 흙, 물웅덩이 등의 차량이외에 검출될 수 있는 대상들을 모두 바닥면 처리하게 되고, 어느 정도 돌출된 부분만을 차량으로 검출하게 된다. 본 연구에서는 스테레오 정합에 대해서 다해상도 기법에 의한 정합 알고리즘을 사용하였다. 또한 정합의 기준 되는 함수를 WCC(Weight Cross Correlation)을 적용하여 안정적인 정합 점수가 나오도록 하였다.

2.1.2.1 다 해상도 정합 기법

본 연구에서는 스테레오 정합과정을 수행함에 있어서 저해상도 불일치로 시작하여 궁극정으로 고해상도의 불일치를 계산하는 정확하고, 안정적인 불일치 결정방법을 수행하였다.

영상 중의 하나가 정합되기 전에 그 영상간의 저해상도 불일치가 없도록 다시 샘플링한다. 만일 저해상도 불일치 map이 D'이면 I^G를 $I^G(i,j) \leftarrow I^G(i+D'(i,j),j)$에 따라 다시 샘플링하여 픽셀 정렬 오류가 감소될 수 있다. 필셀이 D'만큼 떨어진 값으로 바뀌면, 샘플링 이후의 정렬 오차는

$D(i+\xi, j+\eta) - D(i,j)$대 신 에

$D = D(i+\xi, j+\eta) - D'(i+\xi, j+\eta)$로 된다.

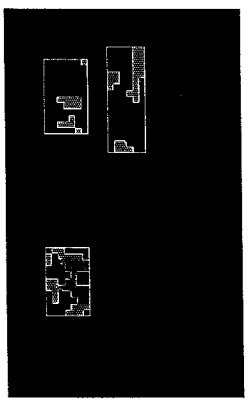
2.1.3 차량 윤곽 검출

다 해상도 스테레오 정합의 결과로 발생된 불일치 영상은 도로 면의 부분과 돌출 면의 부분에 대한 정보를 제공한다. 그러나 정보 제공 과정에서 밤영상의 경우 전조등, 후미등을 제외한 부분은 돌출부로 인식되지 않고, 낮영상의 경우에도 좌·우 영상이 비슷한 밝기를 가지므로 불일치 영상에서 돌출부를 가지지 않는다. 따라서 불일치 영상을 이치화하여 돌출부의 윤곽을 구하고, 인접 윤곽을 합하여 차량 윤곽이 얻어진다.

불일치 영상은 좌·우 영상의 스테레오 불일치를 나타내는 것으로 좌·우 영상이 모두 바닥면이면 영이고 돌출부이면 영이 아닌 값을 갖는다. 돌출된 높이가 클수록 해당 불일치의 값이 크게 나타나는데, 영이 아닌 불일치를 가지는 부분을 돌출부로 판정하게 된다.

이치화를 하더라도 차량의 일부분은 바닥면으로 인식되어진다. 그러므로 여러부분으로 구성되는 개별 차량을 하나의 윤곽으로 인식하기 위해 윤곽선 검출을 수행한다. 윤곽선 검출을 위해서 돌출부로 판정된 부분을 영상을 검색하여 돌출부를 만나게 되면 그 경계선을 추적하게된다. 그 추적은 영상의 한 지점의 돌출부분이 다른 인접 부분의 돌출부와 어떤 방향으로 인접하게 되는지 코드로서 기록하게 되는데 8가지 경우가 존재하며, 각 경우에 대해서 체인 벡터(chain vector)로서 -1부터 -8까지의 값을 부여한다. 이러한 방법으로 윤곽선을 구하면 하나의 차량이 인접된 윤곽들로 나타나게 되는데, 이때 나타난 개별 윤곽으로부터 윤곽의 면적, 중심점, 최대 세로폭, 최대 가로폭등의 여러 특징값이 윤곽 추적의 결과로 구해진다. 이러한 특징 값들에 의해 개별 윤곽을 병합하여 차량의 윤곽을 얻는 클러스터링(clustering)을 수행한다. 하나의 차량을 구성하는 윤곽은 차량과 도로 면의 경계 부분에서는 면적이 큰 형태의 윤곽으로 구성되므로 인접한 큰 면적의 윤곽으로부터 차례로 클러스터링을 수행하여 개별차량을 구성하는 윤곽들을 병합하게 된다.

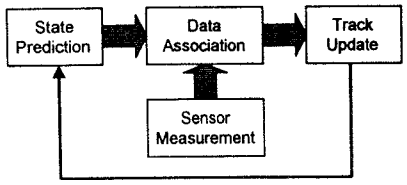
다음의 그림은 위의 방법에 의해서 구하여진 차량의 윤곽선을 보여준 그림이다.



< 검출된 차량의 영상>

2.2 차량 추적

추적(tracking)은 현상태 또는 현위치에 대한 추정치(estimate)를 표적으로부터 얻어내는 과정이다. 이 결과로 발생한 궤적(track)은 동일 표적에 대한 측정치의 집합으로부터 추정된 상태 또는 위치의 이동을 나타낸다. 추적 알고리즘은 예측부분, 데이터 연계부분, 센서 관측부분, 그리고 궤적의 갱신부분의 4가지 요소로 구성되어있다. 본 논문에서는 차량 추적 알고리즘으로 Kalman filter를 사용하였다.



< 추적 알고리즘 >

2.2.1 Kalman filter

표적 추적(target tracking)은 잡음이 섞인 표적의 측정치로부터 표적의 정확한 위치를 추정해 내는데 매 기준시점마다 표적의 위치 및 속도를 추산해내는 것이 목표이다. 표적 추적 문제를 해결하기 위한 가정은 표적의 측정치가 백색 가우시안 잡음(White Gaussian Noise)을 포함한다는 것이다. 이 가설을 사용함으로써 가정된 잡음 모델과 실제 잡음의 모델의 차이가 추산되는 표적의 위치 및 속도에 오차를 유발하게 되는 것이다.

Kalman filter는 실제 시스템 부분(true state)과 예측되는 부분(estimated sate), 그리고 상태 공분산 계산(State covariance)의 3가지 부분으로 나눌 수 있다.

2.2.1.1 예측되는 부분(estimated state)

예측되는 부분은 현재 상태로부터 다음 상태를 예측하는 상태 예측(state prediction)과 다음 상태 값으로부터 다음 측정치 값을 예측하는 측정치 예측(measurement prediction)이 있다.

state prediction(상태 예측):

$$x(k+1|k) = Fx(k|k) + Gu(k)$$

measurement prediction(측정치 예측):

$$z(k+1|k) = H(k+1)x(k+1|k)$$

Innovation: 실제 측정치와 예측된 측정치를 비교

$$v(k+1) = z(k+1) - z(k+1|k)$$

Update state estimate:

next state =

(predicted state) + (filter gain * innovation)

2.2.1.2 상태 공분산 계산 (State covariance computation)

State covariance computation은 Filter Gain을 구하고 공분산 행렬을 갱신하는데 목적이 있다.

State error covariance at t(k) : $P(k|k)$

State prediction covariance :

$$P(k+1|k) = F(x)P(k|k)F'(k) + Q(k)$$

Innovation covariance :

$$S(k+1) = H(k+1)P(k+1|k)H'(k+1) + R(k+1)$$

Filter Gain :

$$W(k+1) = P(k+1|k)H'(k+1)S^{-1}(k+1)$$

Update state covariance :

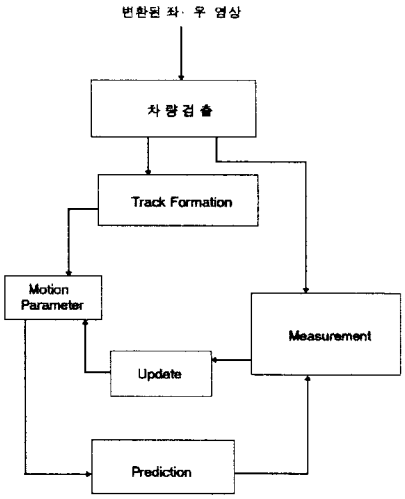
$$P(k+1|k+1) = P(k+1|k) - W(k+1)S(k+1)W'(k+1)$$

측정치를 바탕으로 연계가 이루어진 궤적은 다음 측정치 표적의 발생위치를 예측하게 된다. 이러한 상태 예측(state prediction)은 궁극적으로 측정치와 궤적간의 데이터 연계를 용이하게 된다. 따라서 예측치를 중심으로 몇 개의 측정치가 발생한 경우, 어떤 측정치가 궤적

에 가까운가를 알려주므로 데이터 연계의 정확성을 높일 수 있다.

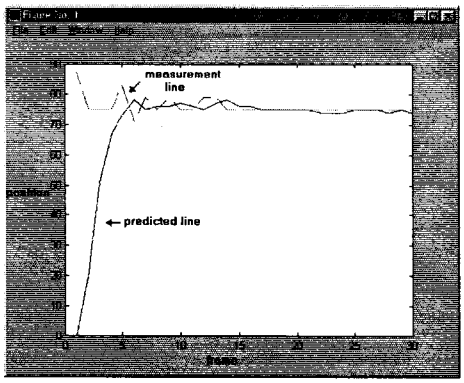
2.3 차량 추적 결과

위의 도로 영상에서의 차량 검출 및 추적 방법을 이용하여 차량 추적 시스템을 구성하였다. 시스템의 알고리즘은 다음과 같다.

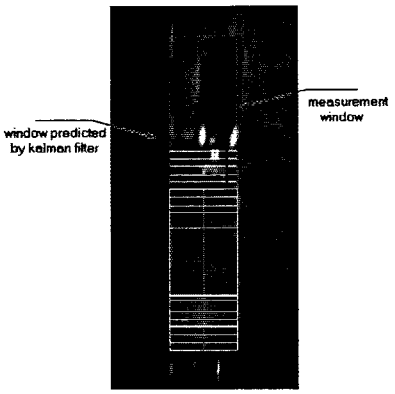


〈 차량 추적 시스템 알고리즘 〉

차량 추적의 위치점은 차량의 후미등 부분의 중점을 위치점으로 설정하여 추적하였다. 다음의 그림은 차량의 측정된 위치과 예측위치와의 변화 관계를 도표로 나타낸 것이다.



위의 그림과 같이 Kalman filter에 의해서 예측된 다음 위치에 관한 정보는 측정된 위치에 점차적으로 수렴하여 가게 된다.



〈 예측에 의한 추적 처리의 예 〉

3. 결 론

본 논문에서는 실시간 도로 영상에서의 차량의 검출과 추적에 관하여 연구하였다. 스테레오 영상에서 좌·우 영상의 바닥면 변환과 스테레오 정합에 의한 차량 검출을 하였을 때 야간영상일 경우에 전조등이나 후미등에 의한 오인식이나, 주간 영상일 경우에 흙이나 오염물질에 의한 오인식율을 돌출부로 인식하는 기준 값을 적절히 조절함으로써 현저히 감소하였다. 또한 검출된 차량 영상을 추적하였을 때 Kalman filter에 의한 예측값은 점차적으로 측정값에 수렴하였다.

[참 고 문 헌]

[1] Wai Ying Kan, James V. Krogmeier, Peter C. Doerschuk " Model-based vehicle tracking from image sequences with an application to road "

[2] Srinivas R. kadaba, member, IEEE, Saul B, Geifand, member, IEEE and R, L, Kashyap, fellow, IEEE "Recursive Estimation of Image Using Non-Gaussian Autoregressive Model", IEEE TRANSACTION ON IMAGE PROCESSING, VOL. 7, NO. 10, OCTOBER 1998

[3] 우동민, "넓은 기준선의 스테레오를 위한 적응적인 지형 복원", 전기학회 논문지, 47권, 12호, 1998

[4] S. S. Blackman, Multiple-Target Tracking with Radar Application, Artech House, Dedham, MA, 1986

[5] Robert Grover Brown, Patrick Y.C Hwang, "Introdution to Random Signals and Applied Kalman Filtering", JOHN WILEY & SONS Third edition

[6] Mohamed S. Santina, Allen R. Stubberud, Gene H. Hostettter, "Digital Control System Design" SECOND EDITION,1994