

교통 요소 측정을 위한 단일 차량 추적 시스템에 관한 연구

안도영*, 김성동**, 최기호*

*광운대학교 컴퓨터공학과,

**계원조형예술대학

A Study on Single Vehicle Tracking System for Measuring Traffic Parameters

DoYoung Ahn*, SungDong Kim**, KiHo Choi*

*Dept. of Computer Engineering, Kwangwoon Univ.

** Kaywon School of Art & Design

요 약

현재 컴퓨터 비전(computer vision) 기술의 응용은 여러 분야에서 이루어지고 있다. 이중 움직임 검출(motion detection)과 추적(tracking)기술을 이용하여 교통 감시 환경에서 필요로 하는 정보를 얻을 수 있는 연구가 활발하다. 특히 입력되어지는 영상으로부터 차량의 추적을 위한 다양한 방법이 제시되고 있다. 본 논문에서는 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 입력영상으로부터 움직이는 차량의 동작을 분할(segmentation)하고, 칼만 필터(Kalman filter)를 이용한 효율적인 추적과 동시에 배경영상의 도로를 일정구간으로 나누어, 그 구간 내에서의 교통 요소 중 하나인 움직이는 차량의 속도를 측정 할 수 있는 방법을 제안한다.

1. 서론

교통상황에 대한 관리와 정보 시스템들은 실제의 교통 요소들을 평가할 수 있는 감지장치(system of sensors)에 달려 있다. 현재 이러한 목적의 주요 기술로 쓰이는 지배적인 방법이 자기적 성질을 가지는 루프를 이용한 감지기(magnetic loop detectors)를 사용하고 있다. 루프 감지기는 고속도로의 표면에 물리적으로 장치를 설치하여 사용한다. 이에 반해 컴퓨터 비전을 이용하여 교통상황을 관리하고 차량에 대한

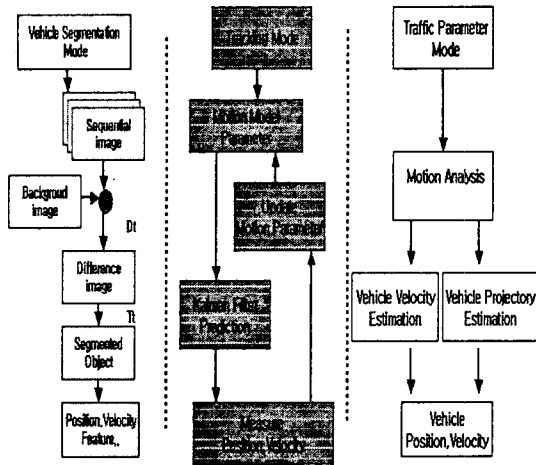
정보를 얻는 방법은 많은 이점을 가진다. 물리적인 장비의 설치에 드는 비용의 절감을 비롯해서 장비의 마모 현상, 속도측정에 있어서 많은 장점을 가진다.

이러한 이점을 가지는 컴퓨터 비전은 동영상 정보만을 이용하여 차량 통제 시스템을 구현하는데 이용할 수 있다. 즉, 연속 영상으로부터 동작 정보를 가지는 차량을 추출하고, 추출되어진 차량을 추적하여 교통 요소로 사용되어질 수 있는 그 차량의 궤적, 속도, 가속도 등의 정보를 추출함으로써 도로의 여러 가지 상황에 대한 유용한 정보를 얻어낼 수 있다.

동영상 정보를 이용한 차량의 추적에는 여러 가지 방법이 쓰이고 있다. 그 중 대표적인 3D 모델 기반(3D-model-based)방법의 차량 추적에서는 차량 검출의 정확성은 높지만 사전에 모든 차량에 관해서 모델화가 필요하고 차량의 추적에 많은 계산량을 필요로 하는 단점이 있다. 또한 차량 통제 시스템에서 필요한 교통 요소들을 얻기 위해 정확한 3차원 위치가 필요한 것은 아니다. 그러므로 본 논문에서는 사전에 차량 모델에 대한 어떤 사전 정보도 필요 없는 칼만 필터를 이용한 차량의 추적과 동시에 차량의 속도를 측정할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.[1][5]

2. 차량 추적 시스템의 개요

제안된 추적 시스템은 크게 동작 분할, 차량 추적, 교통요소 측정의 세 부분으로 나누어진다.



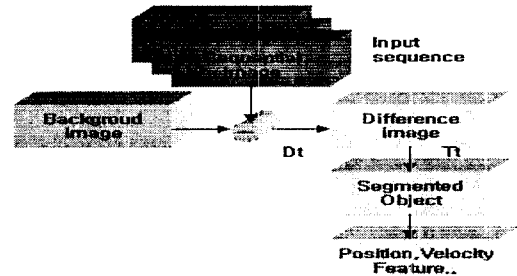
[그림 1] 차량 추적 시스템

3. 차량의 동작분할(Motion Segmentation)

동작분할은 입력되는 영상으로부터 움직이는 물체를 검출, 분할을 통해 각 물체들의 위치정보, 동작정보, 특징들을 얻어내는 일련의 과정을 말한다.

연속으로 입력되는 영상에서 고정된 배경으로부터 움직이는 물체만을 뽑아내기 위해 쓰이는 가장

일반적인 방법은 고정된 배경영상과 현재 입력되는 영상과의 차영상을 이용하는 것이다. 다음 그림은 배경영상을 이용하여 움직이는 물체를 분할하는 과정을 블록다이어그램으로 나타낸 것이다.



[그림 2] 차량 분할과정의 블록다이어그램

이렇게 구해진 차영상을 영상의 명암 히스토그램을 이용하여, 적절한 임계값으로 이진화하여 움직이는 물체부분만을 추출하는 것이다. 즉, 움직이고 있는 물체의 이진 영상은 차영상에서 임계값 이상의 값을 획득함으로써 얻게 된다. 이 과정을 수식으로 나타내면 다음과 같다. 영상의 위치를 x라 하면,

$$M_t(X) = \begin{cases} 1 & |D_t(X)| > T_t \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

위 (1)식에서 차 영상의 절대치가 움직이는 물체의 위치에서 임계값(T_t)보다 크다는 것을 가정한 것이다. 이 임계값은 차영상의 히스토그램의 분석을 통해 얻어진 두 개의 영상에서 배경영상과 움직이는 물체를 분리하는 최소치의 값이다. 이렇게 얻어진 이진 영상으로 분할 과정을 거쳐서 움직이는 차량을 구분하고 필요한 특징 값들을 구할 수 있다.

4. 칼만 필터 기반의 차량 추적(Tracking)

움직이는 물체를 추적하기 위해서는 주로 칼만 필터를 사용하게 된다. 본 논문에서도 측정된 화상정보로부터 움직이는 물체를 추적하기 위하여 칼만 필터를 사용하였다. 칼만 필터는 상태 변수들이 정규

분포를 지닌 선형 동적 시스템(linear dynamic system)에서 부가되는 잡음들이 백색 가우시안(white Gaussian)의 특성을 지니고 있을 경우에 그 특성이 최적을 나타내며, 선형구조를 지닌 필터로 알려져 있다. 즉, 칼만 필터는 잡음에 의해 간섭 받는 선형 동적 시스템에서의 상태(state) 벡터 x_k 의 최적의 추정치 \hat{x}_k 를 구하기 위한 순환적인(recursive) 알고리즘이다. 칼만 필터링은 크게 예측(prediction), 측정(measurement), 수정(update) 의 세가지 단계로 나누어진다.

본 논문의 대상이 되고있는 차량을 추적하기 위해 변화하는 가속도를 고려한 운동학적 모델(Kinematic model)은 다음과 같이 설정한다.

$$x_k = \frac{1}{6}c_{k-1}\Delta t^3 + \frac{1}{2}a_{k-1}\Delta t^2 + v_{k-1}\Delta t + x_{k-1} \quad (2)$$

$$v_k = \frac{1}{2}c_{k-1}\Delta t^2 + a_{k-1}\Delta t + v_{k-1} \quad (3)$$

$$a_k = a_{k-1} + c_{k-1}\Delta t \quad (4)$$

$$c_k = c_{k-1} = c \quad (5)$$

위 식(5)는 일정한 증가율의 가속도를 가지는 2 차원의 움직임을 나타낸다. 식(5)-(8)에 따라, 이 시스템은 다른 좌표(x, y)를 위한 각각의 독립적인 두개의 시스템으로 나눌 수 있다. 따라서 x와y의 서로 다른 상태 벡터들을 가지는 두개의 칼만 필터를 설정한다.

$$x_k = \begin{bmatrix} x_k \\ v_{xk} \\ a_{xk} \\ c_{xk} \end{bmatrix} \quad y_k = \begin{bmatrix} y_k \\ v_{yk} \\ a_{yk} \\ c_{yk} \end{bmatrix} \quad (6)$$

식의 나머지는 두 칼만 필터가 같다. 따라서 아

래는 x좌표를 위한 칼만필터로 설명한다.

예측 과정은 상태 방정식과 측정 방정식에 의해 제어된다. 상태 방정식은 다음과 같다.

$$x_{k+1} = A_k x_k + w_k \quad (7)$$

측정단계는 다음 방정식으로 표현된다.

$$z_k = H_k x_k + v_k \quad (8)$$

위 (7),(8)방정식에서 w_k, v_k 는 각각 시스템의 모델 잡음(model noise)과 측정오차이며, 둘은 비상관(uncorrelated) 되었으며, 가우시안 특성을 가진다.

$$P(w) \rightarrow N(0, Q) \\ P(v) \rightarrow N(0, R)$$

각 칼만 필터는 다음과 같은 다른 측정 벡터를 사용한다.

$$z_{xk} = \begin{bmatrix} x_k \\ v_{xk} \end{bmatrix} \quad z_{yk} = \begin{bmatrix} y_k \\ v_{yk} \end{bmatrix} \quad (9)$$

식(2)-(5)에 따라서, 시간 k상태와 k+1상태의 관계를 나타내는 행렬 A_k 와 상태벡터와 측정벡터의 관계를 나타내는 관측 행렬(observation matrix) H_k 은 다음과 같이 정의된다.

$$A_k = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1/2 & 1/6 \\ 0 & 1 & 1 & 1/2 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$H_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

5. 교통 요소(Traffic Parameters)

5.1 차량의 궤적(trajectory)

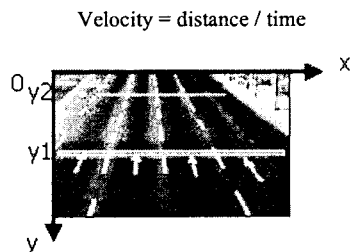
효율적인 차량의 추적을 통해 얻은 일정 프레임마다 추적된 좌표점을 이용하면 주행정보를 가지는 움직이는 차량의 궤적을 배경영상에서 얻어 낼 수 있다.



[그림 3] 교통영상에서 단일 차량이 추적된 영상과 배경영상에서의 단일 차량의 궤적

5.2 차량의 속도

영상정보를 이용하여 차량의 속도를 얻어내기 위해 고정된 배경영상의 도로 영역을 일정 구간으로 구분해 놓은 뒤에 추적된 차량이 그 구간 구분선의 처음(y2)에 위치했을 때의 프레임과 구간 구분선의 마지막(y1)에 위치했을 때의 프레임 간의 시간정보를 이용하여 추적된 차량의 속도를 얻어낼 수 있다.



[그림 4] 배경영상에서 단일 차량의 속도 측정 구간

6. 실험 및 고찰

본 실험은 안양의 한 도로 상황을 촬영한 영상을 AVI파일의 gray-level상태로 전환하여 교통요소(궤적, 속도 비교)의 실험을 하였다. 현재의 영상은 교통요소 측정에 중점을 두어 다중 차량의 추적에서 발생하는 문제점들을 피하기 위해 우선 단일 차량의 영상에만 적용 시켰다.

7. 결론 및 향후 과제

본 논문에서 제안한 방법은 한 시스템에 교통요소 중 추적 차량의 속도와 궤적만을 추출할 수 있게 하였으나, 향후 차량의 계수 뿐만 아니라 교통요소를 응용하여 교통량에 따른 도로의 상황을 추측하고 예측할 수 있는 방향에서의 응용연구가 기대된다.

[참고문헌]

- [1] D. Koller, K. Daniilidis, and H.H. Nagel, "Model-based Object Tracking in Traffic Scenes"-A Multimedia Messaging System," In Proc. of the Euro. Conf. Comp. Vis, pp.437-452, 1992.
- [2] 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 15, pp.649-654, 1997.
- [3] Brian Gloyer, H.K. Aghajan, Kai-yeung Siu, and Thomas Kailath, "Vehicle Detection and Tracking for Freeway Traffic Monitoring," 1994 Conference Record of the Twenty-Eighth Asilomar Conference on Volume: 2, pp.970-974, 1994.
- [4] Greg Welch and Gray Bishop, An Introduction to the Kalman Filter UNC-Chapel Hill, TR 95-041, November 30, 1999.
- [5] Se Hyun Park, Kee Chul Jung, Jun Koo Hea, and Hang Joon Kim, "Vision-based Traffic Surveillance System on the Internet," 1999IEEE, pp.201-205, 1999.