

동영상내의 물체 추적에 관한 연구

최호진*, 박승규**

나주대학 전자계산소

호원대학교 사이버경찰수사학부

e-mail : hjchoi@naju.ac.kr

A Study on Tracking of Object in Image Sequence

Ho-Jin Choi*, Seung-Kyu Park**

*Dept of Computer Information Center, Naju College

**Division of Cyber Investigation Police, Howon University

요 약

이동 물체 검출 및 추적은 과중한 연산량에 의해 초당 처리할 수 있는 프레임의 수가 적게 되거나 정합 과정이 단순하여 추적을 실패하는 문제점들이 있다. 본 논문에서는 동영상내에서 이동 물체를 검출하고 추적하는 새로운 접근 방법을 제안한다. 입력된 영상으로부터 배경과 물체를 분리하기 위해 background subtraction을 이용하였고, 분리된 물체들은 이진 연결 요소 분석을 통하여 세그먼트 된다. 그리고 물체의 추적을 위하여 Kalman filter를 사용하였다. 본 논문의 실험에서는 야외에서 촬영한 비디오 시퀀스를 이용하였으며, 물체 검출 및 추적이 조명 변화, 그림자에도 잘 적응함을 증명하였다.

1. 서 론

최근 고성능 컴퓨터의 보급과 네트워크의 기술이 급격한 발달에 따라 디지털 영상 분야는 시각 능력을 가진 기계에 입력 영상에 따른 인지 능력에 대한 많은 연구가 진행되고 있다[1]. 특히 동영상내에서 이동 물체의 검출 및 추적은 컴퓨터 비전 및 여러 응용 분야에서 수년에 걸쳐 관심을 갖고 있는 분야 중의 하나로서 자동항법장치, 비디오 색인 및 검색, 보안 출입관리 등 다양한 분야에서 연구가 진행되고 있다[2][3]. 이동 물체 검출 및 추적은 동영상의 각 프레임에 대한 시공간적 분석을 통하여 추적 대상을 검출하고 위치 변화를 계산하여 이동 물체의 위치나 속도 등의 정보를 알아내고, 이동 물체의 대한 속성 분석을 통하여 자동 분류, 검색, 인식 등 고차원적인 처리가 가능하도록 한다[4].

영상 내에서 이동 물체의 검출은 물체를 추적하기 위한 초기 단계로서 각 프레임에서 물체의 시공간적 변화를 검사하여 이동 물체의 영역 또는 좌표를 구하고 추적에 필요한 특징들을 추출하는 단계이다 [5][6]. 이렇게 이동 물체를 검출할 때에 영상 획득을 하는 카메라의 움직임 여부에 따라 서로 다른 처리 방법을 적용해야만 한다. 이렇게 검출된 이동 물

체를 추적하기 위해서는 이동 물체의 특징을 이용하여 다음 프레임에서 이동 물체의 이동 방향, 속도, 크기 등의 정보를 추출하고 분석하여 응용 목적에 맞는 처리를 수행하게 된다. 이동 물체를 추적하는 방법에는 크게 프레임내의 픽셀들의 밝기나 색상의 특징을 이용한 공간적 추적 방법이 있고, 또 다른 방법은 연속된 영상에서 시간적 변화에 따른 영상의 특징을 분석하여 추적하는 시간적 방법이 있다. 특징점 기반의 추적 방법은 영상 전체를 추적하지 않고 선택된 특징점을 정합하므로 연산량을 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 영상 내에 존재하는 잡음이 특징점으로 인식될 수 있기 때문에 잡음에 민감한 반응을 보인다. 그리고 색상을 이용하는 경우 이동 물체의 색상이 배경 영역 유사한 경우 추적이 힘든 단점을 가지고 있다[7]. 시간적 추적 방법은 프레임간의 픽셀의 밝기 변화를 이용하여 움직임 추정을 하는데 이러한 방법들은 배경 영역의 밝기 변화가 생기면 이동 물체를 정확하게 추적하기 힘들다[8]. 영역 기반 추적 방법은 그룹화된 영역을 기반으로 이동 물체를 추적하기 때문에 이동 물체가 다른 물체에 가려진 경우에 다른 방법에 비해 좋은 결과를 보이는 장점을 가지고 있다.

본 논문에서는 가우시안 배경 모델을 이용하여 배경으로부터 물체를 분리하는 방법을 이용하였다. 배경 모델은 움직이는 물체 픽셀들, 정적인 배경 픽셀들과 물체 픽셀들을 다르게 취급하여 움직이는 물체에 의해 생기는 배경의 갑작스런 변화를 인식한다. 그리고 배경으로부터 추출된 물체는 이진 연결 요소 분석을 통하여 세그먼트 되고 물체 추적을 위해서 Kalman filter를 이용하였다. Kalman filter는 서브시퀀스 프레임에서 각 물체의 위치를 예측하기 위해 사용되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 물체 추적의 관련 연구에 대하여 살펴보고, 3장에서는 제안한 방법에 대하여 설명하였다. 4장에서는 제안한 방법의 성능을 평가하고 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 Hausdorff 정합 방법

이동 물체의 형태 변화에 대응하기 위한 방법으로 Hausdorff 거리를 모델과 영상 사이의 유사도로 이용하여 실시간 추적이 가능하다. 그러나 미리 정해진 특정 이동 물체에 대해서만 추적이 가능하고, 물체가 이동 중에 형태 변화가 발생하면 다대일 정합을 해야만 추적이 가능한 제약을 가지고 있다. 따라서 이 방법은 추적 대상의 형태가 비교적 단순하고 변화가 적으며 실시간 처리를 필요로 하는 시스템에 적합하다. Hausdorff 거리는 두 유한집합의 원소들의 유사도를 표시하기 위해 최소-최대 거리로서 형태 정합에 이용되어 왔다. 두 개의 집합 L 과 K 의 Hausdorff 거리는 식(1)과 같이 정의한다.

$$h(L, K) = \max_{l \in L} \min_{k \in K} \|l - k\| \quad (1)$$

여기에서 $\|l - k\|$ 는 원소 l 과 k 사이의 기하적 거리를 나타낸다. 식(1)은 max 연산의 특성으로 고립 원소들의 영향에 민감하기 때문에 N 번째로 큰 값을 취하는데 이것을 Partial Hausdorff 거리라 하며, 식(2)와 같이 정의한다.

$$h_N(L, K) = N^{\text{th}}_{l \in L} \min_{k \in K} \|l - k\| \quad (2)$$

2.2 색상 히스토그램 교차 방법

이 방법은 두 영상의 색상 히스토그램을 구한 후 두 히스토그램의 일치 정도를 나타내는 방법으로 식

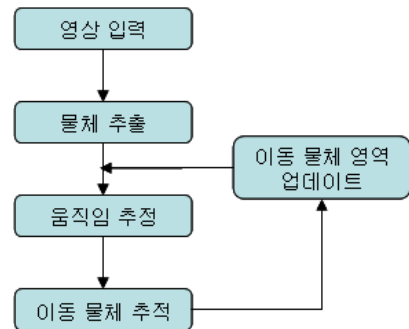
(3)과 같이 정의된다.

$$H(L, K) = \sum_{j=1}^n \min(L_j, K_j) \quad (3)$$

L 는 질의 영상이고 K 는 데이터베이스 영상이다. 그리고 L_j, K_j 는 영상의 히스토그램을 나타낸다. 식(3)에서 영상들 간의 유사한 컬러들의 픽셀 수의 합을 식(4)를 이용하여 정규화 한다.

$$H(L, K) = \frac{\sum_{j=1}^n \min(L_j, K_j)}{\sum_{j=1}^n K_j} \quad (4)$$

그림 1은 색상 히스토그램 교차 방법의 전체 순서도를 보여주고 있다.

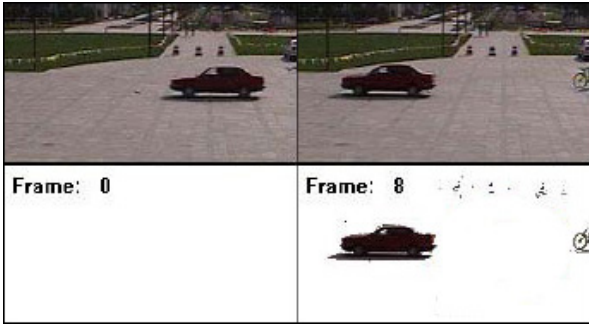


(그림 1) 색상 히스토그램 교차 방법 순서도

3. 제안한 방법

3.1 배경과 물체 분리

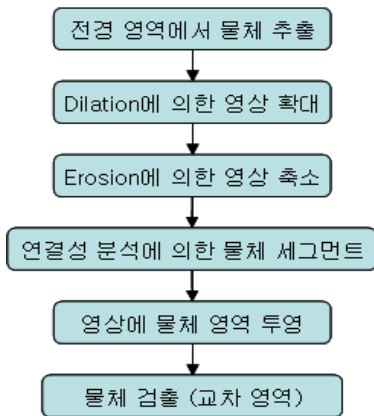
움직이는 물체를 추적하기 위해서는 먼저 입력 영상으로부터 물체를 추출하는 단계가 매우 중요하다. 본 논문에서는 물체 추출을 위해 배경을 제거하는 방법으로 background subtraction을 이용하였다. 움직이는 물체의 갑작스런 변화에 잘 대응할 수 있도록 약간의 특별한 처리 과정을 수행하였다. background subtraction의 주요 개념은 배경의 변화하는 통계적 모델을 유지하고 변화를 채택하는 메커니즘을 제공하는 것이다. 그림 2는 영상에서 배경을 제거한 결과를 보여주고 있다.



(그림 2) 입력 영상에서 배경을 제거한 영상

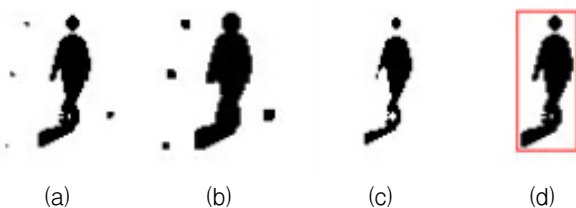
3.2 이동 물체 검출

영상 내에서 물체를 분리해내기 위해서 칼라 일치성 분석과 연결성 분석 등의 방법이 사용된다. 본 논문에서는 물체를 분리해내기 위해 연결성 분석 방법을 이용하였다. 연결성 방법은 전처리 단계에서 영상 내에 존재하는 잡음을 제거해야만 문제가 발생하지 않는다. 그러나 물체의 경계는 높은 주파수 정보에 의하여 손상될 수도 있기 때문에 원래의 전경 영역을 각각의 세그먼트된 영역으로 투영함으로써 후처리 단계에서 다시 저장되어야 한다. 이러한 추가적인 처리는 잡음의 영향을 줄이고 물체의 경계를 유지할 수 있게 한다. 물체를 세그먼트하기 위한 전체 알고리즘은 그림 3과 같다.



(그림 3) 물체 검출 순서도

그림 4는 전경 물체의 세그멘테이션을 보여주고 있다.

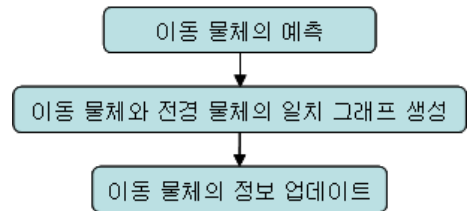


(그림 4) 전경 물체의 세그멘테이션

그림 4(a)는 원래의 전경 그림을 보여주고 있으며, 그림 4(b)는 그림 4(a)를 dilation에 의해 확대한 영상이다. 그리고 그림 4(c)는 erosion에 의해 영상을 축소한 것이며, 그림 4(d)는 세그멘테이션 결과를 보여주고 있다.

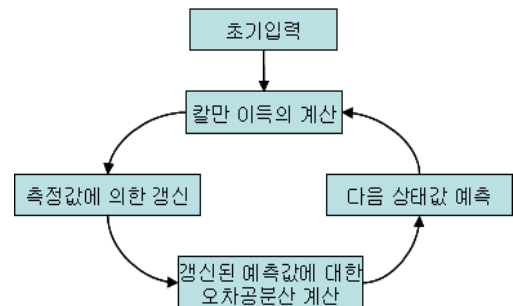
3.3 이동 물체 추적

움직이는 물체를 추적하는 것은 연속된 영상에서 각각의 움직이는 물체의 궤도를 찾는 절차이다. 즉, 연속적인 영상의 다른 물체나 이미 알고있는 움직이는 물체 사이의 일치성을 찾는 것이다. 실제로 이러한 일치성을 확립하는 것은 복잡한 행동이나 복잡한 배경등에 의해 상당히 어렵다. 추적 알고리즘은 일반적으로 그림 5와 같은 세 단계로 구성된다.



(그림 5) 이동 물체 추적과정

본 논문에서는 위치나 속도 등을 포함한 물체의 동적인 특징을 나타내기 위해 Kalman filter를 이용하였다. 여기서 물체의 중간점은 자신의 위치를 참조하는 점으로 선택된다. Kalman filter를 기초로 하여 각 움직이는 물체에 대해 생성되는 예측 물체는 전경 물체들과 모두 비교하여 일치 그래프를 생성한다. 물체 매칭에 사용되는 특징들은 위치나 크기와 같은 물리적 움직임과 매우 관련이 높다. 그림 6은 Kalman filter를 이용한 예측 과정을 보여주고 있다.



(그림 6) Kalman filter의 예측 과정

모든 움직이는 물체와 전경 물체들의 일치 그래프는 5개의 경우가 나타날 수 있다. 첫 번째로 만약 어떤 움직이는 물체와 전경 물체와 일치되는 게 없다면

새로운 이동 물체가 나타난 것이다. 두 번째로 어떤 전경 물체와 움직이는 물체가 일치되는 게 없다면 이것은 이동 물체가 사라진 경우에 해당된다. 세 번째로 하나의 움직이는 물체가 정확하게 전경 물체와 일치하면 추적이 잘 되는 경우이다. 이 경우에는 이동 물체의 동적인 특징을 업데이트하면 된다. 네 번째는 여러 개의 이동 물체가 하나의 전경 물체와 일치한다면 여러 개의 이동 물체가 겹쳐지는 경우에 해당된다. 다섯 번째는 하나의 이동 물체가 여러 개의 전경 물체와 일치한다면 이것은 겹쳐졌던 이동 물체가 다시 나누어지는 경우이다.

4. 실험 및 결과

본 논문에서 제안된 알고리즘은 Pentium-IV 2Ghz에서 Visual C++로 구현하였다. 실험에 사용된 영상의 획득은 정지 카메라를 이용하였으며, 동영상의 해상도는 320×240이며 초당 15 프레임을 이용하였다.

그림 7은 이동하는 자동차를 검출하여 추적하는 과정을 보여주는 그림이다. 그림 7(a)는 원래의 입력 영상을 보여주고 있으며, 그림 7(b)에서 그림 7(e)는 이동 물체의 움직임을 추적하는 과정을 각 프레임 단위로 보여주고 있다.



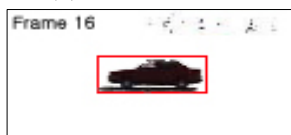
(a) 입력 영상



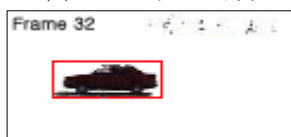
(b) 1번째 프레임



(c) 8번째 프레임



(d) 16번째 프레임



(e) 32번째 프레임

(그림 7) 제안한 방법에 의한 물체 추적

5. 결론

동영상내에서 이동 물체 검출 및 추적 알고리즘은 크게 시간적 추적 방법과 공간적 추적 방법으로 분류된다. 본 논문에서는 이진 연결성 분석 방법을 이용하여 입력 영상으로부터 이동 물체를 검출해내고 이동 물체들의 동적인 특징을 나타내기 위해 Kalman filter를 적용하여 이동 물체를 추적하는 방법을 제시하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 전경 영역을 검출할 때에 배경의 변화에 빠르게 대응할 수 있고, 이동 물체의 추적을 정확히 수행할 수 있었다.

향후 연구로는 이동 물체 검출을 위해 사용하는 이진 연결성 분석을 위해 영상내의 잡음을 완전히 제거할 수 있는 전처리 단계에서 성능이 좌우될 수 있기 때문에 이에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] G. L. Foresti, "A Real-Time System for Video Surveillance of Unattended Outdoor Environment", IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Tech., Vol.8, No.6, Oct. 1998. pp.142-145,
- [2] D. M. Gavrila, "Pedestrian Detection from Moving Vehicle", 2000.
- [3] Navarrete, T., "VideoGIS : Combining Video and Geographical Information", Research Report, Pompeu Fabra Univ., Dept. of Computer Science and Communication. 2001.
- [4] R. T. Collins, A. J. Lipton and T. Kanade, "A System for Video Surveillance and Monitoring", Proc. Am. Nuclear Soc.(ANS) 8th Int'l Topical Meeting Robotic and Remote System, Apr. 1999.
- [5] D. M. Gavrila, V. Philomin, "Real-Time Object Detection for Smart Vehicles", Proc. of IEEE Intl. Conf. on Computer Vision. 1999. pp.87-93,
- [6] Y. Huang, D. Paulus and H. Niemann, "Background-Foreground Segmentation Based on Dominant Motion Estimation and Static Segmentation ", Int'l Workshop on Image Analysis and Processing, June 2000.