

전경과 배경을 동시에 고려하는 이동 물체 추적

Tracking Moving Objects Using Foreground and Background

장석우, 문철호, 최형일

Seok-Woo Jang, Cheol-Ho Moon, Hyung-Il Choi

승실대학교 컴퓨터학부

School of Computing, Soongsil University

swjang@vision.soongsil.ac.kr, chmoon@vision.soongsil.ac.kr, hic@computing.soongsil.ac.kr

ABSTRACT

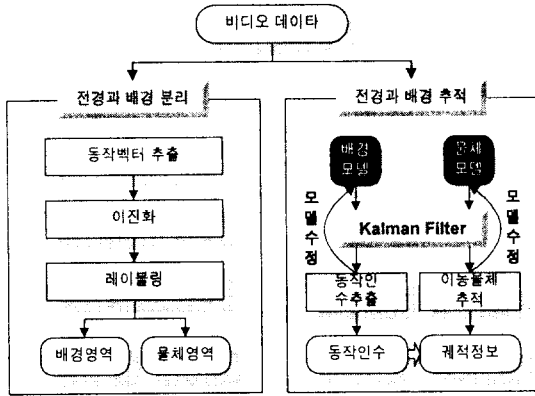
본 논문에서는 전경과 배경을 동시에 고려하는 이동 물체 추적 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 이동 물체 추적 기법은 카메라가 고정되지 않은 동적인 환경에서 연속적으로 촬영된 동영상으로부터 배경과 전경을 분리한 후 배경으로부터는 카메라의 동작을, 그리고 전경으로부터는 이동 물체를 추적한다. 배경에서는 영상의 움직임을 나타내는 동작 벡터를 추출하여 2차원 파라미터 동작 모델인 어파인 동작 모델에 적합시키고, 회귀분석법을 통해 어파인 동작 모델을 구성하는 파라미터를 추출하여 분석함으로써 다양한 카메라의 동작을 구한다. 전경에서는 칼라 정보를 이용하여 물체들의 모델을 생성하고 매 시점마다 모델을 수정하면서 이동 물체를 추적한다. 본 논문에서는 카메라의 동작 및 이동 물체의 추적 시 예측 알고리즘인 칼만 필터를 활용함으로써 보다 효율적이고 강건한 추적이 가능하다. 또한, 배경에서 추출된 카메라의 동작 정보를 전경에서 추출하는 이동 물체의 이동 궤적 정보 계산 시 활용함으로써 보다 정확하게 장면을 분석할 수 있다.

1. 서론

동영상으로부터 움직이는 물체를 감지하고 이를 추적하는 이동 물체 추적 기법은 동영상 처리 기술 중에서도 가장 중요한 기술 중의 하나로 인식되고 있으며 많은 관심의 대상이 되고 있다. 특히, 시간에 따라 주위 환경이 변화

하는 동적인 상황에서 배경을 고려하면서 이동 물체를 추적하는 작업은 장면을 분석하는 분야에서 매우 중요하다. 그러나 기존의 이동 물체 추적 기법에 관련된 대부분의 연구에서는 이동하는 물체의 추적에만 초점을 맞추고 있으며 배경을 함께 고려하지는 않고 있다[1][2]. 따라서 많은 오류 요소를 내포하고 있다.

본 논문에서는 이런 문제를 해결하기 위해 전경과 배경을 동시에 고려하는 이동 물체 추적 기법을 제안한다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 이동 물체 추적 기법의 전체적인 구조를 보여준다.



(그림 1) 이동 물체 추적의 구조

전경과 배경의 분리 단계에서는 입력 영상을 셀 단위로 재샘플링한 후 셀 단위로 동작 벡터를 추출하고 이를 이진화함으로써 이동 물체에 해당하는 전경과 배경을 분리한다. 전경과 배경의 추적 단계에서는 물체와 배경에 대한 모델을 생성한 후 매 시점마다 모델을 수정하면서 추적 작업을 진행한다.

1장에서는 연구 동기와 이동 물체 추적의 개요를 설명하였다. 2장에서는 전경과 배경을 분리하는 방법에 대해 설명하고, 3장에서는 배경 영역으로부터 카메라의 동작을 추출하는 방법에 대해 설명한다. 그리고 4장에서는 이동 물체를 추적하는 방법에 대해 설명하고, 5장에서는 실험 결과 및 결론을 기술한다.

2. 전경과 배경 분리

영상에서 전경은 움직임이 있는 물체 영역에 해당하고 배경은 움직임이 없는 영역에 해당한다. 본 논문에서는 배경 영역과 물체 영역

을 분리하기 위해 동작 벡터를 활용한다.

동작 벡터는 영상 좌표의 수평 및 수직 이동을 나타내는 2차원 벡터로서 본 논문에서는 correlation에 기반한 동작 벡터 추출 방법을 사용한다. 이 방법에서는 t 시점에서 촬영된 영상의 한 점 또는 영역에 대응되는 점을 t+Δt 시점에서 촬영된 영상에서 확인하여 동작 벡터를 구한다. 본 논문에서는 각 영상을 일정한 크기의 셀로 분할한 후 셀 단위로 특징을 정의하고, 정의된 특징에 의해 구성되는 정합 척도를 일정한 범위 내의 셀들에 적용하여 가장 높은 정합 척도값을 갖는 셀을 대응셀로 정의한다.

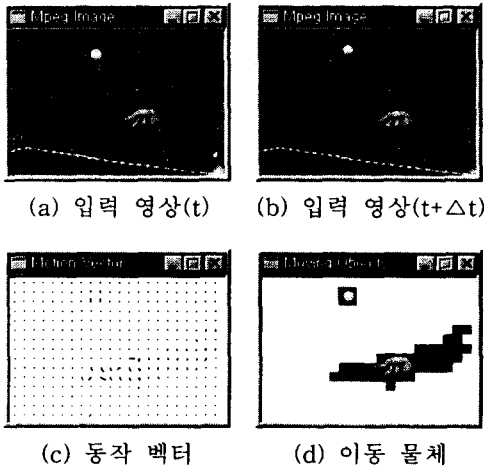
본 논문에서는 셀 단위의 정합을 위해 칼라 특징을 사용한다. 일반적으로, 칼라 영상을 코딩하기 위해서 RGB 칼라 공간을 많이 사용하지만 영상 처리를 수행하려 할 때 영상의 밝기 변화에 매우 민감하므로 비효율적이다. 따라서 본 논문에서는 NTSC에서 정한 합성 칼라 비디오 표준 방식으로 밝기값의 변화에 대해 색상이나 채도가 변하지 않는 YIQ 칼라 공간을 사용한다. YIQ 칼라 공간은 YUV 칼라 공간에서 유도된 것으로 Y(Luminance)요소는 밝기값을 나타내고, I(Inphase) 요소와 Q(Quadrature) 요소는 두 요소를 합성하여 색상과 채도를 나타낸다. 식 1은 RGB 칼라 공간을 YIQ 칼라 공간으로 변환하는 식을 나타낸다[3].

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.30 & 0.59 & 0.11 \\ 0.60 & -0.27 & -0.32 \\ 0.21 & -0.52 & 0.31 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

본 논문에서는 셀에 포함되는 영상 화소들의 I와 Q 요소의 평균과 표준 편차를 칼라 특징으로 사용한다. 그리고 식 2와 같은 정규화된 correlation 척도를 정합 척도로 사용한다.

$$C = \frac{\sigma_{t,t+\Delta t}(I)}{\sigma_t(I) \cdot \sigma_{t+\Delta t}(I)} + \frac{\sigma_{t,t+\Delta t}(Q)}{\sigma_t(Q) \cdot \sigma_{t+\Delta t}(Q)} \quad (2)$$

식 2와 같이 정의된 정합 척도를 일정한 범위 내의 셀에 적용하여 대응셀을 확인하면 동작 벡터는 각 셀을 대표하는 좌표점의 차이로 계산된다. 그런 다음, 동작 벡터가 가지는 크기의 유사성에 따라 이진화 및 레이블링을 수행하면 물체 부분과 배경 부분을 분리할 수 있다. 그림 2는 동작 벡터를 이용하여 물체와 배경을 분리하는 과정을 보여준다.



(그림 2) 물체와 배경 분리

3. 카메라의 동작 추출

카메라는 단일적으로 또는 복합적으로 동작하여 다양한 장면을 연출한다. 그리고 이런 카메라의 동작은 영상에서 배경 뿐만 아니라 전경에도 반영된다. 결과적으로, 전경은 물체의 움직임과 더불어 카메라의 동작도 포함하고 있으므로 순수한 카메라의 동작은 배경에만 포함되어 있다. 따라서 본 논문에서는 배경 영역에서 추출한 동작 벡터만을 이용하여 카메라의 동작을 추출함으로써 기존의 카메라 동작 추출 방법이 가지는 문제점을 해결한다.

본 논문에서는 카메라의 동작을 추출하기 위해 영상 전체를 하나의 평면으로 가정한 후 영상의 움직임을 어파인 동작 모델을 통해 모델링한다. 본 논문에서 사용하는 어파인 동작

모델은 식 3과 같이 6개의 파라미터로 구성된다.

$$u(x, y) = a_1 + a_2(x - x_0) + a_3(y - y_0) \quad (3)$$

$$v(x, y) = a_4 + a_5(x - x_0) + a_6(y - y_0)$$

식 3에서 $u(x, y)$ 와 $v(x, y)$ 는 영상 좌표 (x, y) 에서의 동작 벡터의 수평 및 수직 요소를 나타내고, $\mathbf{a} = (a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6)$ 는 추정될 파라미터 벡터를 나타낸다. 그리고 영상 좌표는 영상의 중심 (x_0, y_0) 를 기준으로 평행 이동된다. 본 논문에서는 파라미터 \mathbf{a} 를 배경 모델로 사용한다.

식 3에서 파라미터 a_i 는 영상의 움직임, 즉 카메라의 동작을 정량적으로 표현할 수 있다. 예를 들면, a_1 은 영상의 수평 이동을 나타내고, a_4 는 영상의 수직 이동을 나타낸다. 그리고 파라미터 a_i 의 조합을 이용하여 식 4와 같이 Divergence, Curl 및 Deformation을 정의할 수 있다.

$$\text{Divergence} = a_2 + a_6 = (u_x + v_y) \quad (4)$$

$$\text{Curl} = -a_3 + a_5 = -(u_y - v_x)$$

$$\text{Deformation} = a_2 - a_6 = (u_x - v_y)$$

Divergence는 등방향의 확대 및 축소를 나타내고, Curl은 관측 방향과 수직이 되는 회전을 나타내며, Deformation은 수평 방향이나 수직 방향으로 늘이거나 줄이는 효과를 나타낸다. 따라서 Divergence는 일반적인 카메라의 줌인 동작과 동일한 효과를 나타내고, Curl은 카메라의 회전에 해당하는 롤링(Rolling), 그리고 Deformation은 특수 효과를 발생시키기 위해 카메라의 시계를 수평 또는 수직 방향으로 밀폐시키는 효과를 나타낸다.

본 논문에서는 카메라의 동작을 유도하기 위해서 배경 영역에서 추출한 동작 벡터를 식 3의 어파인 동작 모델에 적용한 후 회귀분석법을 이용하여 어파인 동작 모델의 파라미터를 구한다. 그런 다음, 파라미터들을 분석하여 카메라의 동작을 추출한다. 본 논문에서는 어파인 동작 모델의 파라미터를 추출하기 위해 식 5와 같은 최소제곱법을 이용하여 회귀식을 최소화한다.

$$E = \sum_{i=1}^n ((u_i, v_i) - (a_1 + a_2x_i + a_3y_i, a_4 + a_5x_i + a_6y_i))^2 \quad (5)$$

$$= \sum_{i=1}^n (u_i - (a_1 + a_2x_i + a_3y_i))^2 + \sum_{i=1}^n (v_i - (a_4 + a_5x_i + a_6y_i))^2$$

4. 이동 물체의 추적

전경과 배경을 분리하여 이동 물체 영역이 감지되면 물체에 대한 모델을 생성하고 추적 작업을 진행한다. 물체에 대한 모델은 식 6과 같이 칼라, 중심 위치 및 크기를 사용한다. 칼라는 이동 물체를 구성하는 셀들의 I와 Q 요소의 평균과 표준편차를 사용하고, 중심 위치는 물체 영역의 무게 중심을 나타내는 x 및 y 좌표 사용하며, 크기는 물체 영역의 최소 포함 사각형에 대한 가로 및 세로의 길이를 사용한다.

$$M = [\mu_I, \sigma_I, \mu_Q, \sigma_Q, xp, yp, xs, ys] \quad (6)$$

식 6과 같이 이동 물체에 대한 초기 모델이 정의되면 예측 알고리즘인 칼만 필터를 이용하여 다음 시점에 이동 물체가 위치할 대략적인 위치를 예측한다. 칼만 필터는 시스템의 상태를 최적으로 예측할 수 있는 선형 최소 오차(LMV : Linear Minimum Variance of error) 알고리즘으로 순차적이면서 재귀적인 알고리즘을 제공한다[4][5].

칼만필터를 적용하기 위해 먼저 시스템의 상태 모델이 선형이라고 가정하고 시스템의 상태를 식 7과 같이 정의한다.

$$s = \mathcal{O}(\Delta t) s(t - \Delta t) + w(w - \Delta t) \quad (7)$$

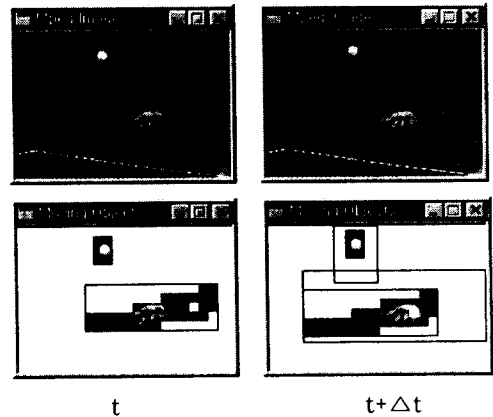
여기서, $s(t)$ 는 시점 t 에서의 시스템 상태를 나타내고, $\mathcal{O}(\Delta t)$ 는 Δt 동안의 상태 전이 행렬을 나타낸다. 그리고 $w(t)$ 는 예측된 오류를 나타낸다. 본 논문에서는 시스템의 상태 $s(t)$ 를 8차원의 벡터로 표현하고 단위 시간 동안의 목표 물체의 위치 변화와 크기를 표현한다.

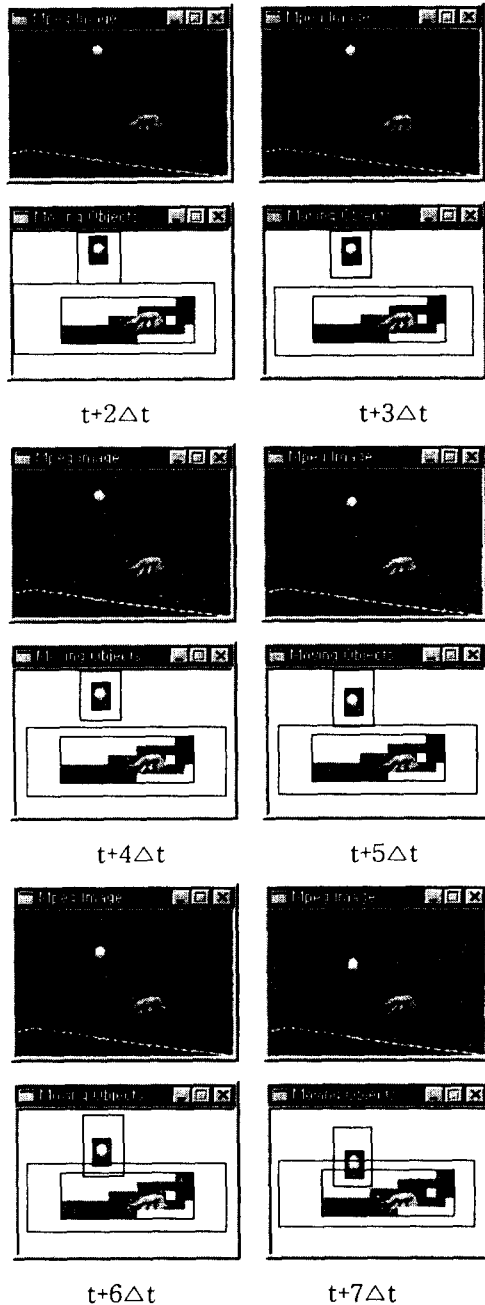
칼만 필터를 통해 이동 물체의 대략적인 위치가 예측되면 예측된 영역에 대해서만 템플릿 정합을 이용하여 이동 물체를 추적한다.

5. 실험 결과 및 결론

본 논문에서 제안한 이동 물체 추적의 실험을 위해 Pentium 166MHz PC를 사용하였으며, 입력 영상은 MPEG 데이터를 디코딩하여 사용하였다.

그림 3은 본 논문에서 제안한 방법을 이용하여 이동 물체를 추적한 결과를 보여준다. 그림에서 이동 물체 주위에 위치한 사각형은 칼만 필터를 이용해서 예측한 영역을 나타낸다.





(그림 3) 이동 물체의 추적

본 논문에서는 전경과 배경을 동시에 고려하는 이동 물체의 추적 방법을 제안하였다. 기존의 방법과 다르게 배경에 포함된 카메라의 동작을 추출하여 이동 물체의 이동 궤적 정보를 계산할 때에 활용할 수 있게 함으로써 보다 정

확한 장면 분석을 가능하게 하였다. 그리고 배경과 전경을 추적할 때에 예측 알고리즘인 칼만 필터를 활용함으로써 보다 빠르고 정확한 추적을 수행할 수 있도록 하였다.

향후 연구 계획으로는 보다 다양하고 복잡한 영상으로부터 정확하게 동작 벡터를 추출하는 방법을 연구할 예정이다. 그리고 크기나 모양이 동적으로 변화하는 환경에서 강건한 이동 물체의 추적을 가능하게 하는 새로운 모델에 대한 연구를 수행할 예정이다.

참고문헌

- [1] Danial P. Huttenlocher, Jae J. Noh and William J. Rucklidge, "Tracking non-rigid objects in complex scenes", fourth international conference on computer vision, pp. 93-101, 1993.
- [2] Ouseb Lee and Yao Wang, "Motion-compensated prediction using nodal-based deformable block matching", Journal of visual communication, Vol. 6, No. 1, March, pp. 26-34, 1995.
- [3] Christopher C. Yang and Jeffrey J. Rodriguez, "Efficient luminance and saturation processing techniques for bypassing color coordinate transformation", IEEE systems, man and cybernetics, pp. 667-672, 1995.
- [4] G. Minkler and J. Minkler, Theory and Application of Kalman Filtering, Magellan, 1994.
- [5] A. Azarbajejani, T. Starner, B. Horowitz and A. Pentland, "Visually controlled graphics", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, PAMI-15, pp. 602-605, 1993.