

모델 기반 이동 물체 추적 알고리즘

김태석, 김운호, 이명길, 전춘, 이주신

진주전문대학*, 목원대학교**, 대덕대학***, 청주대학교****

Model-Based Moving Object Tracking Algorithm

Tea-sik Kim*, Yoon-ho Kim**, Myong-kil Lee***, Chun Quan****, Ju-Shin Lee****

*Chinju Technical College, **Mok-Won Univ. ***Dae-Dok College ****Chong-Ju Univ.

E-mail : tskim@namgang.chinju-c.ac.kr

요 약

본 논문에서는 움직이는 배경에서 이동물체를 추적하는 모델 기반 이동물체 추적 알고리즘을 제안한다. 제한한 알고리즘은 물체의 이동시 발생하는 형태 변화에 적응하기 위하여 영상 사이의 유사도 이용과 Hausdorff 거리 모델을 사용하였으며, 이동 물체의 위치 탐색 시간을 줄이기 위하여 2D-Logarithmic 탐색 기법을 사용하였다. 도로에 운행중인 모터사이클을 실험영상으로 하였으며 실험 결과 실제 위치와 추적 결과에 대한 평균자승 오차는 1.845로써 비교적 우수한 추적 정확 결과를 얻었다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a model based moving object tracking algorithm in dynamic scene. To adapt the shape change of the moving object, the Hausdorff distance is applied as the measurement of similarity between model and image. To reduce the processing time, 2-D logarithmic search method is applied for locate the position of moving object. Experiments on a running motorcycle, the result showed that the mean square error of real position and tracking result is 1.845 and consequently, matching process is relatively simple and reduced.

1. 서 론

최근 산업분야에서 이동물체 검출 및 추적 시스템에 대한 필요성이 증가되고 있고 특정 분야는 이미 실용화가 되고있다. 이동물체 추적 시스템은 동영상의 각 프레임에 대한 분석을 통하여 추적대상을 검출하고 위치변화를 계산하여 이동물체의 이동방향, 속도 등과 같은 정보를 추출하거나, 카메라를 통하여 지속적으로 이동물체를 감시할 수 있도록 제어한다 [1-3]. 이동물체를 추적하기 위해서는 입력된 영상에 대하여 분석, 예측 및 판단을 진행하여야 하는데, 적용하는 방법에 따라 차영상을 이용한 방법, 광류를 이용한 방법, 모델기반 이동물체 추적 방법 등으로 나눌 수 있다.

모델 기반 이동물체 추적 방법은 사전에 정의된 특정적인 이동물체의 모델이나 추적 초기 단계에서 취득한 추적대상의 모델링된 특징들의 프레임간 정합에 의해 이루어진다. 그러나 프레임간의 움직임과 휘도의 변화가 심할 경우 추적에 어려움을 가지고 있고, 탐색시간이 길다는 문제점들

을 가지고 있다[4-7].

본 논문에서는 이러한 문제점을 제거하기 위한 모델 기반 이동 물체 추적 알고리즘을 제안한다.

제안한 알고리즘은 인터프레임간의 차영상에 대한 가산투영을 가지고 이동물체의 영역을 검출하여[8] 이 영역에 대한 윤곽선 영상을 이동물체의 모델로 하였다. 그리고 모델 기반 이동 물체 추적 방법의 문제점인 각 프레임간의 이동물체의 형태변화에 적응하기 위하여 Hausdorff 거리를 모델과 영상사이의 유사도를 결정하는데 사용하였으며, 이동물체의 위치탐색시간을 줄이기 위하여 2D-Logarithmic 탐색기법을 사용하였다. 제안된 방법의 타당성을 검토하기 위하여 실제 도로에서 주행하는 오토바이 영상을 대상으로 이동물체를 추적하는 실험을 수행하였다.

II. Hausdorff 거리와 2D-Logarithmic 탐색

Hausdorff 거리는 두 개 유한집합 내 점들의

유사정도를 비교하기 위한 Min-Max거리로 정의된다[1]. 유한개의 점을 포함하는 두 개의 집합 P 와 Q 의 Hausdorff 거리는 식(1)과 같이 정의된다.

$$H(P, Q) = \max(h(P, Q), h(Q, P)) \quad (1)$$

여기서 $h(P, Q)$ 는 P 에서 Q 까지의 Min-Max거리이며 식(2)와 같이 구할 수 있다. $\|p - q\|$ 는 점 p 와 q 사이의 기하학적 거리를 나타낸다.

$$h(P, Q) = \max_{p \in P} \min_{q \in Q} \|p - q\| \quad (2)$$

$h(P, Q)$ 는 Max연산의 고유적인 특성으로 인하여 집합 내의 고립점(Isolated Clutter)들에 대해 매우 민감하다. 즉, 중심으로부터 멀리 떨어져있는 하나의 점이 hausdorff 거리에 큰 영향을 줌으로 노이즈에 매우 약하다. 따라서 점들간의 최대 거리를 선택하는 대신에 k 번째로 큰 값을 취하는데 이것을 부분 하우스돌프 거리(Partial Hausdorff Distance)라고 하며, 식(3)과 같이 정의한다.

$$h_k(P, Q) = \max_{p \in P} \min_{q \in Q} \|p - q\|^{(k)} \quad (3)$$

부분 하우스돌프 거리는 P 의 부분집합의 매개 점으로부터 Q 의 일부분 점까지의 거리가 d 보다 작으면 $h_k(P, Q) = d$ 이다. 즉 P 의 일부분의 점들은 Q 의 어떤 점들과도 정합되지 않아도 된다. 이 특성은 본 연구에서 추적대상의 형태 변화를 허용하는 근거가 된다. 즉, P 에서는 최소한 K 개의 점들이 식 (4)를 만족한다면 P 와 Q 는 동일 물체로 판별하게 된다.

$$h_k(P, Q) \leq \delta \quad (4)$$

식 (4)는 직접 계산하면 많은 계산량을 필요로 하기에 다음과 같이 변형하여 계산할 수 있다. 여기서 δ 는 이동물체의 형태변화의 허용정도를 정의하는 변수로써, $\delta = 0$ 인 경우에는 형태의 변화를 허용하지 않으며, $\delta = n$ 인 경우에는 디지털 영상에서 이동물체를 구성하는 점들이 전후 프레임 사이에서 최대로 n 픽셀까지 위치 변화를 가질 수 있음을 의미한다.

식 (5)에 보여준 바와 같이 C_δ 를 반경이 δ 인 원과 원내 모든 점들의 집합이라 하고, Q' 는 Q 와 C_δ 의 Minkowski합이라 할 때, P 가 Q' 의 부분집합이면 식 (4)를 만족하게 된다.

$$h(P, Q) \leq \delta \Leftrightarrow P \subseteq Q' \text{ where } Q' = Q \oplus C_\delta \quad (5)$$

2D-Logarithmic 탐색 알고리즘은 DMD(Direction of Minimum Distortion) 방식으로도 불리는

데 기본 개념은 세 단계에 걸쳐 탐색 영역을 효과적으로 줄여가면서 진행한다.

이 방법은 인접한 두 프레임의 영상사이에서 이동물체의 위치변화가 이동물체의 지름보다 작아 접치는 영역이 존재한다고 가정한다. 그림 1은 2D-Logarithmic 탐색의 한 예를 보여준다.

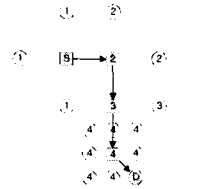


그림 1. 2D-Logarithmic 탐색 방법의 예
Fig 1. An example search by using 2D-Logarithmic algorithm

III. 이동물체 추적 알고리즘

제안한 알고리즘은 크게 검출 단계와 추적단계로 나누어진다. 검출 단계에서는 연속된 두 프레임에 대한 차영상을 구하고 이 차영상에 가산투영 기법을 적용하여 이동하는 물체를 검출하여 추적마스크를 구성하였으며, 추적단계에서는 각 프레임에서 윤곽선 영상의 일부분 영역과 검출단계에서 구해진 추적마스크와의 Hausdorff 거리를 계산하여 추적 대상의 위치 및 크기를 판별하였다. 추적마스크 갱신은 현재 프레임에서 모델과의 Hausdorff 거리가 임계값보다 작은 화소들을 가지고 구성하였다. 추적마스크는 추적대상의 모델에 대한 윤곽선 정보를 포함한다.

III-1. 이동물체의 검출 및 초기 모델의 생성

검출단계에서 이동물체를 검출하기 위하여 논문에서는 차영상에 대한 가산투영을 구하여 일정한 임계값을 초과하면 이동물체가 발견된 것으로 판별하였다.

영상에 대한 가산투영(Integral Projection)은 임의의 방향을 따라 존재하는 화소들의 적분으로 정의된다. 차영상 $f(x, y)$ 에 대한 수평 가산투영 $h(y)$ 와 수직 가산투영 $v(x)$ 는 식 (6)과 같다.

$$\begin{aligned} h(y) &= \int f(x, y) dx \\ v(x) &= \int f(x, y) dy \end{aligned} \quad (6)$$

연속하는 두 프레임의 차영상에 대한 가산투영이 일정한 임계값을 초과하면, 이동물체가 검출된 것으로 하며 임계값을 초과하는 영역에 대하여 윤곽선을 검출하여 이동물체에 대한 초기모델로 하였다[1-10].

수직, 수평방향으로의 임계값을 각각 TH_x , TH_y 로 표시할 때, 식(7)과 같이 수직, 수평 두 방향에서 가산투영 평균값의 α 배에 해당하는 값을 임계값으로 정하였다.

$$TH_x = \left[\frac{1}{n} \sum_{y=1}^n h_i(y) \right] \times \alpha \quad (7)$$

$$TH_y = \left[\frac{1}{m} \sum_{x=1}^m v_i(x) \right] \times \alpha$$

여기서 $h_i(y)$, $v_i(x)$ 는 이전 프레임 영상 I_{i-1} 과 현재 프레임 영상 I_i 의 차영상 $f(x, y)$ 에 대한 수평 가산투영과 수직 가산투영을 나타낸 것이다. 또한 n, m 은 영상의 수평, 수직 화소수로서 본 연구에서는 $n=176, m=144$ 이며, α 는 실험에 의한 비례상수로서 2로 하였다.

III-2. 이동물체의 위치 탐색

초기 모델이 구성된 후, 추적 단계로 진입하며, 그 다음 프레임들에서 이동물체의 위치를 탐색하기 위하여 매 프레임에 대하여 윤곽선을 검출하여 이동물체의 위치를 탐색한다. 이동물체의 이전 프레임에서의 모델의 위치를 중심으로 하여 2D-Logarithmic 탐색을 하며, 그 평가함수는 모델과 정합위치에서의 현재 영상의 하우스돌프 거리로 한다. 그리고 이동물체 위치 탐색 시간을 최소화 하기 위해 각 영상에 대하여 거리맵(Distance Map)을 구하였다. 거리 맵은 윤곽선 영상의 매개 점들에서 그와 가장 가까이 있는 윤곽선상의 점까지의 거리를 나타내는 2차원 배열이다.

2D-Logarithmic 탐색의 각 정합 위치에서 하우스돌프 거리의 구체적인 값을 계산하지 않고, 계산 과정에서 하우스돌프 거리를 기존 최소인 값과 비교하여 최소값을 초과하면 계산을 더 이상 진행하지 않고, 그 다음 정합위치로 넘어가기에 처리시간을 줄일 수 있다. 중복되는 각 정합위치에 대하여 한번만 값을 계산함으로써 계산시간을 더욱 줄일 수 있다.

III-3. 모델의 갱신

이동물체는 추적과정에서 3차원 이동이나 회전 에 의해 2차원 형태가 변하게 된다. 이런 2차원 형태의 변화에 적응해야만 강인한 추적이 가능하게 된다. 따라서 본 논문에서는 추적대상의 형태변화에 적응하기 위하여 매 프레임마다 이동물체의 위치를 탐색한 후 모델을 갱신하여 그 다음 프레임에 사용하였다. 새로운 모델은 추적 마스크 내

에서 식(8)을 만족하는 점들을 가지고 구성하였다.

$$M_i = \left\{ q \in I_i \mid \min_{p \in M_i} \|g(p) - q\| \leq \delta \right\} \quad (8)$$

식(8)에서 I_i 는 현재 프레임의 윤곽선 영상이고, $g(p)$ 는 현재 프레임에서 탐색한 이동물체의 추적 마스크 내 점들의 집합이며, q 는 I_i 의 점이다. 본 연구에서는 $\delta = 2$ 로 하였을 때, 가장 최적의 결과를 보여주었다.

IV. 실험 및 고찰

실험영상은 도로에서 평균시속 50Km로 주행하는 오토바이를 추적대상으로 하였으며, 취득 영상의 해상도는 $176 \times 144 \times 256$ 의 영상이다. 가산투영에 대한 임계값은 $\alpha = 2$ 로 하였을 때 $TH_x = 588, TH_y = 634$ 이었다.

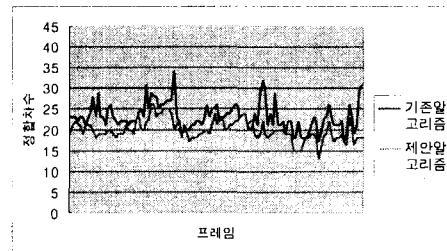


그림 2. 오토바이 영상에 대한 정합 회수
Fig. 2. Matching times for motorcycle image

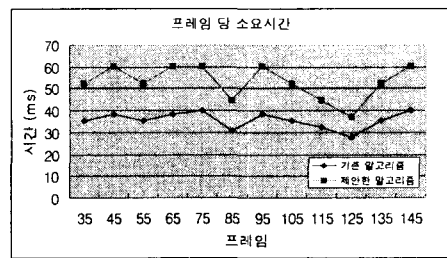


그림 3. 프레임 당 처리시간의 비교
Fig. 3. Comparison of processing time per frame

오토바이 영상의 일부 프레임에 대한 추적결과 좌표값 \hat{X}, \hat{Y} 와 실제 좌표값 X, Y 및 그 오차 X_e, Y_e 는 식 (9)와 같이 표현 가능하다.

$$e = \sqrt{(\hat{X} - X)^2 + (\hat{Y} - Y)^2} = \sqrt{X_e^2 + Y_e^2} \quad (9)$$

평균오차는 각 프레임에서 오차의 평균으로서 식(10)을 이용하여 계산할 수 있다.

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n e_i \quad (10)$$

여기서 n 은 전체 프레임 수를 의미하며, e_i 는 i 프레임에서 실험에서 얻은 값과 실제 값과의 오차를 의미한다. 이와 같은 방법으로 실험한 결과 $E=1.845$ 였다. 제안한 알고리즘의 이동물체 추적 시간을 평가하기 위하여 매 프레임에서 정합의 시도회수와 처리시간을 기존 알고리즘[10]과 비교 평가하였다. 그림 2는 기존의 알고리즘과 오토바이 영상에 대한 제안한 알고리즘의 정합회수를 결과를 보여준다. 결과는 각각 25.19, 19.96으로 제안한 알고리즘이 평균 5.23회 적음을 알 수 있었다.

그리고 그림 3은 매 프레임에서 이동물체의 탐색에 소요되는 시간을 그래프로 보여준 것이다. PIII 450에서 처리속도가 프레임당 평균 35.7ms 즉, 28frame/sec로 나타났다.

그림 4는 제안한 방법으로 오토바이 영상을 추적하였을 때의 결과 영상을 보여준 것이다.

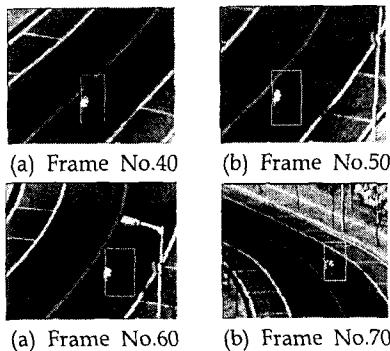


그림 4. 오토바이 영상에 대한 추적결과
Fig. 4. Tracking results for motorcycle image

V. 결 론

본 논문에서는 배경이 움직이는 자연환경에서 모델기반 이동물체 추적 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 인터프레임간의 차영상에 대한 가산투영을 가지고 이동물체의 영역을 검출하여, 이 영역에 대한 윤곽선 영상을 이동물체의 모델로 하였다. 제안한 알고리즘은 이동물체의 형태 변화에 적응하기 위하여 Hausdorff 거리를 모델과 영상사이의 유사도로 사용하였으며, 이동물체의 위치탐색시간을 줄이기 위하여 2D-Logarithmic 탐색기법을 사용하였다.

실험은 실제 도로에서 주행하는 오토바이를 대상으로 모의 실험을 수행하였으며 추적 결과 제안한 알고리즘은 이동물체의 실제위치와 추적결과와의 평균자승오차가 1.845로 이동물체의 정확한 추적이 가능함을 알 수 있었으며, 추적 정합

시도 회수는 오토바이 영상에서는 평균 5.23회 적게 시도하여 추적시간을 단축할 수 있었음을 알 수 있었다.

향후 연구 과제로는 실험의 결과로 얻어진 각각의 α 값과 δ 값을 능동적으로 구할 수 있는 적응적 알고리즘 개발이 연구 되고 있다.

참고문헌

- [1] D. P. Huttenlocher, J. J. Noh, W. J. Rucklidge, "Tracking Non-Rigid Objects in Complex Scenes," Proceedings of 4th ICCV, pp. 93-101, May 1993.
- [2] R. C. Jane, "Segmentation of Frame Sequences Obtained by A Moving Observer," IEEE Trans. PAMI, vol 6. no 5. pp. 624-629, 1984.
- [3] M. K. Leung, "Human Body Motion Segmentation in A Complex Scene," Pattern Recognition, vol. 20. no 1, pp. 55-64, 1987.
- [4] Y. Mae, S. Yamamoto, Y. Shirai, and J. Miura, "Optical Flow Based Realtime Object Tracking by Active Vision System," Proc. 2nd Japan-France Congress on Mechatronics, vol.2, pp.545-548, 1994.
- [5] J. C. Clarke, A. Zisserman, "Detection and Tracking of Independent Motion," Image and Vision Computing, pp. 565-572, 1996.
- [6] G. L. Foresti, "A Real-Time System for Video Surveillance of Unattended Outdoor Environments," IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Tech., vol. 8 no. 6, pp. 142-145, Oct. 1998.
- [7] F. J. Hampson, RE. Franich, J. C. Pesquet, J. Biemond, "Pel-recursive Motion Estimation in the Presence of Illumination Variations," ICIP 96, vol. 1, pp. 101-104, 1996.
- [8] Y. H. Kim, J. S. Lee, "Shape Classification of Moving Object based on Fuzzy Inference", APCC'93, Vol. 2.