

히스토그램 프로젝션을 이용한 이동 카메라로부터의 물체 추적 알고리즘

설성욱*, 이희봉*, 남기곤*, 이철현**
*부산대학교 전자공학과, **부산정보대학

Algorithm for Object Tracking Using Histogram Projection from Moving Camera

Sung-Wook Seol*, Hee-Bong Lee*, Ki-Gon Nam*, Chul-Hun Lee**
*Dept. of Electronics Eng. Pusan Nat'l Univ. **Pusan Info-Tech College.
E-mail: hblee@vision.ee.pusan.ac.kr

요약

본 논문은 히스토그램 백 프로젝션, 히스토그램 인터섹션 그리고 XY-프로젝션을 이용하여 물체를 분할하고 정합하여 물체 추적 시스템에 적용하고자 한다. 물체 추적 시스템에서 실시간 처리를 위하여 물체정합 모델은 계산량이 적고, 물체의 변화에도 일관성이 있어야 한다. 본 논문에서 제안한 물체정합 모델은 이러한 물체 추적 시스템에 적합하다. 본 논문에서는 움직이는 카메라로부터 획득된 영상에서 물체를 정합하는 것을 보였으며, 물체를 큰 오차 없이 추적함을 보였다.

I. 서론

이동 물체 추적은 컴퓨터 비전 및 여러 응용 분야에서 많은 연구가 진행되고 있는 분야이다. 이동 물체 추적 시스템이란 카메라로 획득한 연속 영상으로부터 움직이는 물체를 추적하는 것을 말한다^[1]. 이동 물체를 추적할 때 카메라는 고정되어 있고 물체가 이동하는 경우, 물체는 고정되어 있고 카메라가 움직이는 경우, 물체가 이동하고 카메라도 움직이는 경우가 생길 수 있다. 본 논문에서는 세 번째 경우에 이동 물체를 추적하는 과정을 기술하였다. 기존의 방법으로 이전에 만들어진 배경 영상과의 차영상을 이용하여 물체를 분할하고 특징 추출 모델을 이용하여 물체를 판별해서 추적하는 방법이 있다^{[2][3]}. 이러한 차영상을 이용한 방법은 주위 환경의 변화에 많은 제약을 받으며, 카메라가 움직이기 때문에 배경영상을 구하기가 어렵다. 그리고 전처리 과정에서 잘못된 결과가 나오게 되면 물체 추적에 많은 오차와 잘못된 추적이 발생하게 된다. 다른 방법으로 광류를 이용한 방법이 있다. 이것은 이전 프레임에서 구해진

물체가 시간과 공간의 변화를 거쳐서 다음 프레임의 한 위치에 있을 때 시공간 벡터를 이용하여 물체의 이동을 표현하는 방법이다. 이 방법은 카메라가 고정되어 있는 경우에 처리 속도가 빠르지만 카메라가 움직이는 경우에는 처리속도가 매우 느려지는 단점이 있다.

본 논문에서는 이동 물체 분할과 판별을 위한 물체 정합 모델로서 히스토그램 백 프로젝션(histogram back projection)과 히스토그램 인터섹션(histogram intersection), 그리고 XY-프로젝션(XY-projection)을 사용했다^{[4][5]}. 이 모델은 물체의 이동, 회전, 크기 변화에 강한 특성을 지니고 있으며 처리 속도가 빨라서 카메라가 움직이는 상황에서 물체분할과 정합을 하는데 적합하다.

II장에서는 물체 정합 모델인 히스토그램 백 프로젝션과 히스토그램 인터섹션, 그리고 XY-프로젝션이 무엇인지 살펴보고, 이것을 이용하여 물체 정합을 하는 과정을 알아본다. III장에서는 본 논문에서 제안한 물체 정합 모델을 사용한 추적 시스템에 대해서 설명한다. IV장에서는 앞에서 언급한 알고리즘을 컴퓨터 모의실험에 적용해서 카메라가 움직이는 상황에서 물체를 추적해 나가는 것을 보이며, V장에서 향후 과제를 제시하면서 결론을 맺는다.

II. 물체 분할 및 정합

히스토그램은 영상 배열 내에서 각 화소값에 해당하는 화소의 개수를 셈으로써 구할 수 있다. 히스토그램은 영상 면의 수직 축에 대해서 이동과 회전에 영향을 받지 않는다. 그러나 영상을 획득하는 카메라의 각도의 변화에 의해서 값이 미세하게 변한다. 크기와 가려짐 현상에도 히스토그램의 값이 조금씩 변하게 된다. 연속 영상의 인접한 두 영상은 카메라의 각도 변화가 거의

없기 때문에 히스토그램을 이용한 알고리즘을 사용할 수가 있다.

일반적으로 움직이는 물체를 추적할 때에 극복해야 할 문제점이 몇 가지 있다. 추적 모델에 대한 처리 속도와 처리되는 데이터의 양이 제한적이고, 물체와 배경을 제대로 분할하지 못하는 경우가 생긴다. 그리고 가려짐 현상이 발생하거나 조명의 변화에 의해 움직이는 물체를 제대로 추적하지 못하는 상황이 생기는 수가 있다. 본 논문에서 적용한 히스토그램 백 프로젝션과 히스토그램 인터섹션을 이용하게 되면 앞의 두 가지 문제점을 해결할 수가 있으며 XY-프로젝션을 사용하여 마지막 문제점도 어느 정도 해결할 수가 있다.

1. 히스토그램 백 프로젝션

히스토그램 백 프로젝션은 영상내에서 물체의 위치를 찾아내는데 유용한 방법이다. 입력 영상 $I(x, y)$ 의 히스토그램을 $H_I(j)$ 로 정의하고 모델이 되는 물체의 히스토그램을 $H_M(j)$ 라고 정의한다. $H_R(j)$ 는 $H_M(j)$ 을 $H_I(j)$ 으로 나눈 히스토그램으로 정의한다. $H_R(j)$ 에 의해 역 투영된 영상 $B(x, y)$ 를 구하게 되는데 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$H_R(j) = \frac{H_M(j)}{H_I(j)}, B(x, y) = \text{Min}(H_R(I(x, y)), 1) \quad (1)$$

물체의 위치는 역 투영된 영상 $B(x, y)$ 의 최고 값 근처에 있을 확률이 높다. 좀 더 정확한 결과를 얻기 위해서 밀집도 필터링(density filtering)을 사용했다. D^r 을 반지름 r 을 갖는 원형 마스크로 정의하고 식 (2)와 같이 나타낸다.

$$D_{x,y}^r = \begin{cases} 1 & \text{if } \sqrt{x^2 + y^2} < r \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

좀 더 개선된 결과를 얻기 위한 히스토그램 백 프로젝션 알고리즘을 그림 1에 나타내었다.

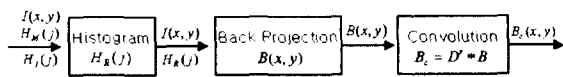


그림 1. 밀집도 필터링 블록 다이어그램

위의 과정을 통해 물체의 위치를 찾을 확률이 더 높아지게 된다. 히스토그램 백 프로젝션을 통해 물체가 있을 가능성이 높은 위치를 파악할 수가 있다.

2. 히스토그램 인터섹션

히스토그램 정합에 관한 연구법으로서 히스토그램 인터섹션은 고전적인 패턴인식의 일종이라고 할 수 있다. 이 방법은 특징점으로서 히스토그램의 각 밝기값을 이용한다. 인식하고자 하는 물체와 동일한 물체인지를 판단하기 위해서 히스토그램 인터섹션을 이용하게 되는

데, 결과 값이 클수록 인식하고자 하는 물체와 유사하다고 할 수 있다. 히스토그램 인터섹션은 식 (3)과 같이 정의할 수 있다.

$$\sum_{j=1}^n \text{Min}(H_I(j), H_M(j))$$

여기서 $H_I(j)$ 는 입력 영상 $I(x, y)$ 의 히스토그램을 나타내고 $H_M(j)$ 는 모델 영상의 히스토그램이다. 입력 영상과 모델 영상은 동일한 n 개의 밝기 값을 갖고 있다. 모델 영상의 히스토그램과 입력 영상의 히스토그램의 인터섹션의 결과는 입력 영상에서 동일한 밝기 값을 갖는 화소에 대응되는 모델 영상의 화소의 개수가 된다.

0 과 1 사이의 정합 값을 갖도록 하기 위해서 히스토그램 인터섹션 값을 정규화 시킨다. 모델 영상의 히스토그램에 대응되는 화소의 개수를 적용시키는데 정규화된 값은 식 (4)로 나타낼 수 있다.

$$H(I, M) = \frac{\sum_{j=1}^n \text{Min}(H_I(j), H_M(j))}{\sum_{j=1}^n H_M(j)} \quad (4)$$

히스토그램 인터섹션 정합 값은 배경과의 혼란이 생기는 상황에서도 그 값이 감소되지 않는다. 배경에서 물체를 완벽하게 분할해 내기란 쉽지 않은데 만약 모델 내부에 있는 화소가 같은 밝기 값을 갖는다면 정합 값이 커지게 된다. 그리고 정합 하고자 하는 물체 내부의 특정 밝기 값을 갖는 화소의 개수가 모델 영상에서 동일한 값을 갖는 화소 개수보다 적으면 정합 값이 높아진다.

3. XY-프로젝션

히스토그램 백 프로젝션을 사용하여 물체가 있을 확률이 높은 위치를 찾게 된다. 찾아진 위치를 정합 후보점으로 두고 히스토그램 인터섹션을 적용시키게 되면 정합하고자 하는 물체를 포함하는 사각 창이 결과로 나온다. 위에서 얻은 정보를 바탕으로 XY-프로젝션을 수행하게 되면 물체를 정교하게 찾아낼 수 있다.

XY-프로젝션을 수행하는 과정을 살펴보도록 하겠다. 사각 창안의 영상에 대해서 수직 에지와 수평 에지를 구한다. 수직 에지 영상은 $Ver(x, y, t)$ 로 나타내고 수평 에지 영상은 $Horz(x, y, t)$ 로 나타내는데 밝기 경사를 이용하여 구하게 된다. 수평, 수직 에지를 이용하여 x, y 축으로 투영시키는데, 수직 에지를 x 축으로 투영하여 구한 결과를 w 로 둔다. 그리고 수평 에지를 y 축으로 투영하여 구한 결과를 v 로 두는데 식 (5)와 식 (6)으로 나타낸다.

$$v = (v_1, \dots, v_m, t) \quad (5)$$

$$= \left(\sum_{i=1}^m H(x_i, y_1, t), \dots, \sum_{i=1}^m H(x_i, y_n, t), t \right)$$

$$w = (w_1, \dots, w_n, t) \\ = \left(\sum_{j=1}^n V(x_1, y_j, t), \dots, \sum_{j=1}^n V(x_m, y_j, t), t \right) \quad (6)$$

노이즈를 없애고 물체를 추출해 내기 위해서 임계값을 정하여 처리하도록 하였는데 임계값은 각 방향으로 프로젝션 시킨 값 중에서 가장 큰 값의 1/2.5 배 되는 것으로 정했다. 식 (7)과 식 (8)로 임계값을 표현하였다.

$$V_{Thre} = \frac{1}{2.5} \text{Max}\{v_i \mid 1 \leq i \leq m\} \quad (7)$$

$$W_{Thre} = \frac{1}{2.5} \text{Max}\{w_j \mid 1 \leq j \leq n\} \quad (8)$$

수직 에지를 x축 방향으로 프로젝션 시켜서 나온 값을 왼쪽 끝과 오른쪽 끝에서 각각 중심으로 진행해 나가면서 조사한다. 조사하는 과정에서 임계값보다 크게 나올 경우 물체의 좌우 외곽을 찾았다고 판단하고 멈춘다. 수평 에지도 마찬가지로 처리하여 물체를 추출해 낸다.

III. 물체 추적 시스템

이동 물체 추적 방법은 3차원 모델 기반의 방법, 영역 기반의 방법, 능동 윤곽선 기반의 방법, 특징 기반의 방법 등이 있다.

3차원 모델 기반 추적 알고리즘은 두 가지 단계로 구성된다. 차량의 크기(scale)와 위치(position) 그리고 3차원 방향(orientation)을 추출하는 단계가 있고 연속 영상으로부터 차량의 모델과 가장 큰 정합 확률을 가지는 차량을 식별하여 계속적으로 추적하는 단계가 있다. 3차원 모델 기반 추적 방법은 많은 계산 량 때문에 실시간으로 처리하는 다중 추적시스템을 만들기에는 부적합하다. 또한, 3차원 모델 기반 추적 방법은 이동 물체 추적을 위해서 추적하고자 하는 모든 물체에 대한 사전 지식이 있어야 한다는 단점이 있다.

영역 기반의 이동 물체 추적 방법은 추적 대상 물체를 화소들의 집합인 영역으로 보고 탐지된 영역의 위치 정보를 이용하여 추적하는 방법이다. 전체 영역에 대한 추적 개념으로서 특징점 추적과는 달리 잡음에 비교적 둔감한 특징을 갖는다. 여기에는 동작 기반 방법과 인식 기반 방법 그리고 영역 대응 방법이 있다.

동적 윤곽선 기반의 추적 방법은 물체의 경계 윤곽선을 추출하고 동적으로 갱신해 가는 것이다. 이 방법의 장점은 영역 기반의 표현 대신 윤곽선 기반의 표현을 사용함으로써 복잡한 계산 시간을 줄일 수 있다. 그러나 부분적으로 가려진 물체의 분할은 제대로 이루어지지 않는다. 각 개별 물체의 분리된 윤곽선이 초기화된다면, 부분적인 가려짐은 추적 가능하지만 초기화가 중요한 문제가 된다.

특징 기반의 이동 물체 추적 방법은 물체 전체를 추적하지 않고, 국부 특징(local-feature)을 추적하는 방법으로 부분적인 가려짐이 있을 때 보이는 부분의 특징만

으로 추적이 가능하다는 장점이 있다. 특징점 추적은 연속된 영상내에 추출될 국부 특징이 존재한다고 가정하고 국부 특징점을 추적하는 방법으로 최적화 방법, 예측 방법, 화소 대응 방법이 있다.

이동 카메라로부터 물체를 추적할 때 중요한 과제가 물체 분할이다. 매 프레임마다 주위 환경이 변하는 상황에서 배경을 추출해 내기는 어렵다. 카메라가 고정되어 있는 경우에는 배경을 추출해 내어 차 영상법을 이용하면 추적 물체를 분할할 수 있다. 하지만 배경이 변하는 환경에서는 위의 방법을 적용할 수가 없다.

카메라가 움직이고, 배경이 계속 변하는 환경에서 물체를 추적하기 위한 방법으로 다음을 제안하였다. 이전 프레임에서 추적하던 물체를 템플릿(template)으로 둔다. 그리고 다음 프레임에서 템플릿과 유사도가 가장 높은 물체를 추적 물체로 간주하고 분할해 낸다. 이러한 추적 물체의 분할과 정합을 하기 위해서 앞에서 설명한 히스토그램 백 프로젝션, 히스토그램 인터섹션 그리고 XY-프로젝션을 사용하였다.

이동 카메라로부터 물체를 추적하는 시스템을 그림 2에서 블록 다이어그램으로 나타내었다. 여기서 I_i 는 i 번째 프레임의 입력 영상을 나타내고, I_{i+1} 은 $i+1$ 번째 프레임의 입력 영상을 나타낸다. RM_{i+1} 은 $i+1$ 번째 프레임에서 구해진 추적 물체가 있을 가능성이 높은 영역을 나타내고 있다. M_{i+1} 은 $i+1$ 번째 프레임에서 이전에 추적하던 추적 모델과 정합시켜 정교하게 추출된 추적 모델을 나타낸다.

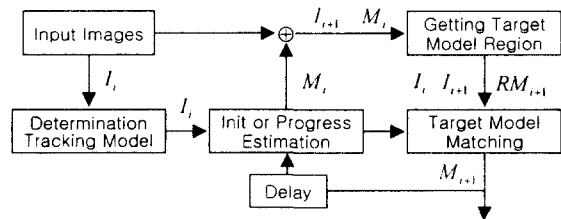


그림 2. 물체추적 시스템 블록 다이어그램

초기화된 추적 물체를 템플릿으로 저장하고 추적을 시작하게 되는데 다음 프레임의 전체 영역을 대상으로 히스토그램 백 프로젝션을 사용하여 추적 물체를 대략적으로 분할해 낸다. 이 알고리즘은 수행속도가 빠르기 때문에 영상의 전체영역에서 처리하였다. 다음 과정으로 히스토그램 인터섹션을 이용하여 추적 물체가 있을 가능성이 높은 영역을 추출해낸다. 이것을 수행하면 후보 물체마다 추적하던 물체와 얼마나 유사한지 판단할 수 있다. 가장 유사하다고 판단되는 후보물체를 찾아낸 후 윗셋을 두어 추적 알고리즘의 다음 단계로 가게된다. 조명의 변화나 영상획득 과정에서 잡음이 첨가될 수 있는데 이 경우에 히스토그램을 응용한 알고리즘은 오차가 발생하거나 잘못된 결과가 나올 수 있다. 이

것을 보완하여 XY-프로젝션 알고리즘을 이용하여 추적 물체를 정합하고 추출해 낸다.

IV. 실험 결과 및 검토

실험에 사용한 영상은 일반 도로에서 차량의 움직임에 관한 영상이다. B/W CCD 카메라를 사용하였으며 2.3m 높이의 차량 위에 카메라를 고정하여 영상을 획득하였다. 원래 획득된 영상은 크기가 728×288 픽셀 크기이며 컴퓨터 모의실험에 사용한 영상은 카메라로부터 획득된 영상의 중심을 기준으로 256×256 픽셀 크기로 잘랐다. 그리고 입력 영상의 픽셀 값은 8비트(bit) 그레이 레벨(gray level)로 처리하였다. 본 알고리즘에 적용한 영상에서 추적 대상인 차량은 상행 운동을 하고 있고 영상을 획득한 카메라도 상행 운동을 한다.

그림 3은 획득한 영상에서 물체를 추적하는 과정을 나타내고 있다. (a)는 추적하고자 하는 물체를 초기화하여 나타낸 것이며 (b)는 히스토그램 백 프로젝션을 수행하여 추적 물체를 대략적으로 분할한 것을 나타내고 있다. (c)에서 히스토그램 인터섹션을 이용하여 추적 물체가 있을 가능성이 높은 영역을 추출하였다. (d)는 XY-프로젝션을 수행하여 추적 물체를 찾아낸 것을 나타내고 있다. (b),(c),(d)과정을 거쳐서 추적하고자 하는 물체를 연속해서 추적하였다.

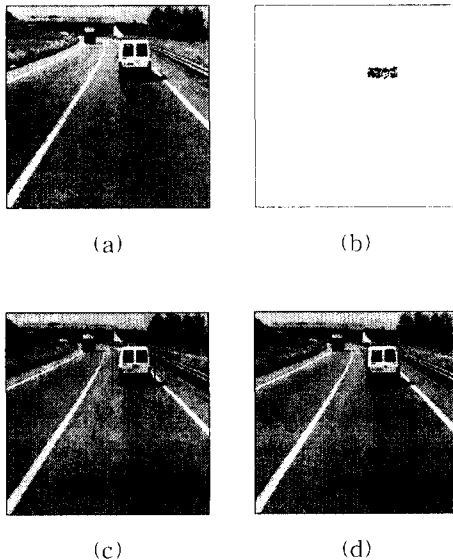


그림 3. 물체추적 결과
 (a) 초기화된 추적 물체
 (b) 히스토그램 백 프로젝션을 수행한 결과
 (c) 히스토그램 인터섹션을 수행한 결과
 (d) XY-프로젝션을 수행한 결과

V. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 움직이는 카메라로부터 이동 물체를 추적하는 알고리즘을 제안하였다. 배경을 구해서 차 영상법을 적용하기는 어렵기 때문에 정합법을 이용하여 물체를 분할하고 정합하였다. 물체를 분할하고 정합하기 위해서 히스토그램 백 프로젝션, 히스토그램 인터섹션 그리고 XY-프로젝션을 이용하였다.

전체 영상에서 히스토그램 백 프로젝션을 사용하여 물체가 있을 가능성이 있는 부분을 분할해 내고, 히스토그램 인터섹션을 이용하여 정합을 하였다. 히스토그램 인터섹션 알고리즘은 주위의 조명 변화에 민감하기 때문에 정확한 결과를 내기가 어렵다. 이것을 고려하여 움직임을 두어 추적하던 물체가 존재할 가능성이 높은 영역을 찾아내어 정보를 저장하도록 하였다. 앞 단계에서 찾아낸 영역을 바탕으로 XY-프로젝션 알고리즘을 사용하여 추적하던 물체와 동일한 물체를 추출하였다.

제안된 알고리즘은 펜티엄III 700MHz PC에서 초당 3 - 4 프레임의 처리속도를 보이며 움직이는 카메라로부터 이동 물체를 비교적 정확하게 추적하였다.

앞으로 연구해야 할 과제는 날씨나 조명등의 주위환경에 제약을 받지 않으며 가려짐 현상이 발생했을 때 이 문제를 해결할 수 있는 강인한 추적 알고리즘을 개발하는 것이다.

VI. 참고문헌

- [1] A. G. Bors, I. Pitas, "Motion and segmentation prediction in image sequences based on moving object tracking," *Image Processing, ICIP 98. Proceedings. International Conference*, Vol. 3, pp. 663-667, 1998.
- [2] 김형태, 설성욱, 이철현, 강창순, 남기곤, "칼만 필터를 이용한 다중 차량 추적 알고리즘," *대한전자공학회 논문지*, 제36권 5편, 제 3호, pp. 89-96, 1999.
- [3] 이철현, 설성욱, 주재흠, 남기곤, "도로영상에서 움직이는 물체 추적을 위한 윤곽선 및 특징 파라미터 추출," *대한전자공학회 논문지*, Vol. 37-CI, no. 1, pp. 11-20, 2000.
- [4] Tse Min Chen, Luo, R.C, "Visual tracking using adaptive color histogram model," *Tsu Hung Hsiao Industrial Electronics Society, IECON 99 Proceedings. The 25th Annual Conference of the IEEE*, Vol. 3, pp. 1336 -1341, 1999.
- [5] Swain, M.J. Ballard, "Indexing via color histograms," *D.H. Computer Vision, 1990. Proceedings, Third International Conference*, pp. 390-393, 1999.