

이동 카메라 환경에서 가려짐 있는 객체의 추적

최철민⁰, 곽수영, 안정호, 변혜란
 연세대학교 컴퓨터 과학과
 {wxman⁰, ksy2177, jungho, hrbyun}@cs.yonsei.ac.kr

Occluded Object Tracking in Moving Camera Environment

Cheolmin Choi⁰, Sooyeong Kwak, Jungho Ahn, Hyeran Byun
 Dept. of computer science, Yonsei Univ.

요 약

이동 카메라 환경에서의 객체 추적은 배경과 객체의 동시 이동으로 인해 배경 모델링과 같은 고정 카메라 환경에서의 접근방법으로는 해결이 어려운 문제이다. 또한 다중 객체의 추적에서는 객체간 가려짐이 발생하는 상황에 대한 안정적 기법이 필수적으로 요구된다. 본 연구에서는 커널에 기반한 객체의 표현과 Mean shift 알고리즘을 통해 여러 명의 사람을 실시간으로 추적하고, 객체간의 공간 정보와 확률적 유사도에 기반한 객체간의 가려짐의 발생과 가려짐 후의 복원에 대한 방법을 제안하였다.

Keywords : 커널 기반 객체 표현, Mean shift, 확률적 유사도

1. 서 론

실시간 객체의 추적은 컴퓨터 비전의 주요 응용 분야의 하나로써 지능적 감시 시스템, 사용자 인터페이스, 스포츠 응용 분야, 스마트 홈, 휴먼 로봇 등과 같은 다양한 분야에서 중요한 역할을 하고 있다.

객체 추적에 대한 접근 방식은 크게 2가지로 분류될 수 있는데, 객체의 표현과 위치화를 통한 방법과 필터링과 데이터 관련성을 통한 접근 방법으로 나눌 수 있다. 첫번째 방법론은 객체와 객체 후보에 대한 유사도 혹은 거리 측정에 의한 접근이라 할 수 있고, 두 번째 방법론은 이산-시간 동적 시스템내의 상태 공간에 대한 접근을 시도하는 것으로 칼만 필터(Kalman Filter)[1], 극소 필터(Particle Filter)[2,3] 등과 같은 접근 방법이 있다.

본 연구에서는 객체의 표현과 위치화를 통한 방법으로 최근에 많은 관심을 받고 있는 커널 기반 접근 방법을 이용하였다. 커널(Kernel)에 기반한 방법은 D. comaniciu et al[4]이 제안한 방법으로 배경 모델링과 같이 카메라 고정에 의한 배경의 획득과 같은 단계가 필요 없어 이동 카메라 환경에 적용할 수 있고, 객체의 빠른 움직임으로 인한 객체의 블러링(Blurring), 조명 및 크기의 변화에 대해서도 강한 접근방식이다.

단일 카메라를 이용한 다중 객체의 추적은 객체간의 상호 가려짐의 판단과 가려짐 후 복구 문제가 해결되어야 하는데, 본 연구에서는 이 문제 해결을 위해 객체와 후보 영역간의 확률적 유사도의 평가를 통해 해결하였다. 2절에서는 임의의 확률분포의 지역적 모드(Local Mode)를 찾는 알고리즘인 Mean shift 알고리즘에 대해 알아보고, 3장에서는 커널에 기반한 객체와 후보 객체 모델의 표현과 그 유사도의 추정과 객체의 추적의 관계를 4장에서는 객체간의 가려짐 판단과 복구에 대해 5장은 실험 결과에 대해 논의 하였다.

2. Mean shift 알고리즘

Mean shift 알고리즘은 임의의 확률분포의 기울기(Gradient)의 추정 없이 반복적 절차에 의해 확률분포의 지역 최대값(Local Maxima)을 찾는 알고리즘으로 근래에 컴퓨터 비전 및 패턴인식 분야에서 다양하게 쓰이고 있다.[5,6,7]

2.1 커널 밀도 추정

커널 밀도 추정법은 임의의 형태로 조직되는 특징 공간을 분석할 수 있는 비-모수(Non-Parametric) 밀도 추정법의 하나로 추정 값은 커널의 종류와 커널 창의 크기에 의존한다.

$$\hat{f}(X) = \frac{1}{nh^d} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{X - X_i}{h}\right) \quad (1)$$

식(1)은 커널 밀도 추정법에 의한 샘플 위치 X 에서의 추정 함수이다. 여기서 X 는 d 차원의 공간 벡터이고 h 는 커널의 밴드폭(Bandwidth)이다.

2.2 확률밀도 함수의 기울기(Gradient)

위 식(1)의 함수 속의 커널 함수 $K(\cdot)$ 가 미분 가능하다면, 다음 식(3)과 같이 밀도 함수의 기울기를 구할 수 있다. 여기서 커널 함수를 식(2)과 같이 프로파일 커널로 선택하면, 식(4)의 관계를 이용하여 확률밀도 함수의 기울기를 식(5)와 같이 전개할 수 있다.

$$K\left(\frac{X - X_i}{h}\right) = ck\left(\left\|\frac{X - X_i}{h}\right\|^2\right) \quad (2)$$

$$\nabla \hat{f}(X) = \frac{1}{nh^d} \sum_{i=1}^n \nabla K\left(\frac{X - X_i}{h}\right) \quad (3)$$

$$g(X) = -k'(X) \quad (4)$$

$$\hat{\nu}f(X) = \frac{2c}{nh^{d+2}} \left[\sum_{i=1}^n g \left(\left\| \frac{X - X_i}{h} \right\|^2 \right) \right] \left[\frac{\sum_{i=1}^n X_i g \left(\left\| \frac{X - X_i}{h} \right\|^2 \right)}{\sum_{i=1}^n g \left(\left\| \frac{X - X_i}{h} \right\|^2 \right)} - X \right] \quad (5)$$

마지막으로 식(5)로부터 mean shift vector를 식(6)과 같이 얻을 수 있다. Mean shift vector는 현 위치 X 에서 확률밀도 함수의 기울기가 큰 방향으로의 vector로써 반복적 연산을 통해 밀도함수의 지역 최대값을 찾을 수 있다.[5]

$$MS(X) = \left[\frac{\sum_{i=1}^n X_i g \left(\left\| \frac{X - X_i}{h} \right\|^2 \right)}{\sum_{i=1}^n g \left(\left\| \frac{X - X_i}{h} \right\|^2 \right)} - X \right] \quad (6)$$

3. 커널에 기반한 객체 추적

커널에 기반한 추적 방법은 객체의 표현과 지역화로 추적 문제에 접근하는 방법론으로 객체를 특징 공간상에서 적합하게 표현하고 후보 객체와의 유사도(Similarity)를 평가하여 추적한다. 그림 1은 커널 기반 접근법의 흐름도를 보여준다.

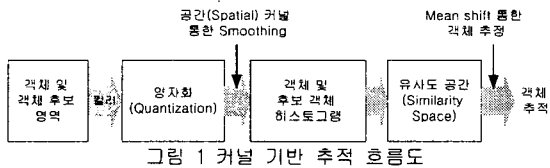


그림 1 커널 기반 추적 흐름도

3.1 객체와 후보 객체의 표현

객체 영역과 객체 후보 영역간의 유사도를 평가하기 위해서는 적절한 특징 공간상에서 객체와 후보 객체를 표현해야 한다. 커널 기반 객체 추적에서는 객체와 그 후보 객체를 영역의 중심 위치를 기준으로 공간 커널(Spatial Kernel)을 적용한 양자화(Quantized)된 공간상의 히스토그램으로 표현한다.

3.2 유사도 함수의 평가

3.1절에서와 같이 표현된 객체와 후보 객체의 유사도 평가는 임의의 두 확률분포간의 유사도를 평가하는 방법 중 하나인 Bhattacharyya Coefficient를 이용한다. 표현된 객체와 객체후보간의 Bhattacharyya Coefficient는 다음 식(7)과 같이 선형 근사식으로 나타낼 수 있는데, 이 유사도 함수를 최대로 만드는 후보 영역의 위치는 Mean shift 알고리즘으로 효율적으로 찾을 수 있다.

$$\rho[\hat{p}(y), \hat{q}] \approx \frac{1}{2} \sum_{u=1}^m \sqrt{\hat{p}_u(\hat{y}_0) \hat{q}_u} + \frac{1}{2} \sum_{u=1}^m \hat{p}_u(\hat{y}) \sqrt{\frac{\hat{q}_u}{\hat{p}(\hat{y}_0)}} \quad (7)$$

여기서, \hat{y}_0 와 \hat{y} 는 각각 초기 객체와 후보 객체의 중심 위치를 나타내는 좌표 벡터이고, $\hat{p}_u(y)$ 와 \hat{q}_u 는 각각 객체 후보와 객체의 양자화되고 공간 커널로 가중된 m 개의 빈(Bin)을 가진 히스토그램이다.

4. 다중 객체의 추적

다중 객체간의 추적에는 객체간의 가려짐 상황에 대한 신뢰성 있는 판단 방법이 요구되며, 객체간의 가려짐 발생에 대한 인지, 부분적 혹은 완전한 가려짐 후의 객체 복원에 대한

안정적인 방법론이 요구된다.

본 연구에서는 객체의 확률 밀도 정보를 이용하여 이 문제를 해결하고자 하였다. 그림2는 본 연구에서 수행된 다중 객체 추적에 대한 흐름도이다.

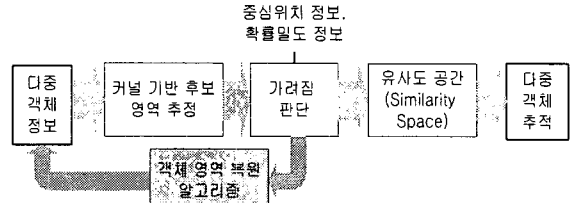
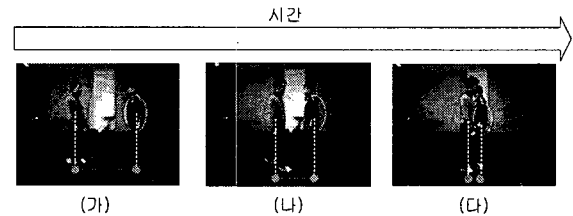


그림 2 다중 객체 추적의 흐름도

4.1 가려짐의 판단

성공적인 추적 간에 발생하는 객체간의 가려짐은 가려짐을 발생시키는 객체와 당하는 객체가 일정한 거리 이하로 근접할 경우 발생할 것이며, 가려짐을 당하는 후보객체의 컬러 정보의 확률적 유사도는 가려짐 전의 상황에 비해 상대적으로 크게 떨어질 것이다. 이 2가지의 정보를 이용하면 가려짐을 판단할 수 있다. 그림3은 가려짐 판단에 대한 2가지 정보를 보여준다.



(가) (나) (다)

그림 3 가려짐 판단 상황도. (가)에서 (나), (다)로 진행함에 따라 중심간 거리가 가까워지고 (나)에서 (다)로 진행함에 따라 가려짐이 일어나고 가려짐을 당하는 객체의 확률 밀도 정보의 유사도가 떨어진다.

4.2 객체 복원

객체가 완전히 가려지거나 확률 밀도 유사도가 현저히 떨어진 상황에서는 더 이상 추적이 어렵다. 이런 경우 가려짐을 당한 객체를 다시 복원해야 하는데, 객체에 대한 원 확률밀도를 가지고 있다면, 가려진 객체가 다시 나타날 수 있는 예상 영역을 탐색해서 다시 객체를 찾을 수 있다. 즉, 예상 영역에 대한 확률 밀도의 유사도를 식 (8)과 같이 추정하여 그 유사도가 일정한 값 이상일 경우 객체가 가려짐에서 벗어났다고 판단하고 그 영역을 객체 영역으로 추정해서 추적을 계속 수행 할 수 있다.

$$\rho[\hat{p}(y), \hat{q}] = \sum_{u=1}^m \sqrt{\hat{p}_u(y) \hat{q}_u} \quad (8)$$

5. 실험 결과

실험은 MS Visual C++을 이용하여 Pentium4 3Ghz, 1G 램의 하드웨어 환경에서 수행하였고, 초기의 객체에 대한 영역 정보는 수동으로 할당하였다. 자체적으로 생성한 실내 영상을 이용하여 단일객체와 조명 변화가 심한 환경에서의 추적, 다중 객체간의 가려짐과 복원에 대한 실험을 실시하였고, 실험 결과 커널 기반 추적기법의 강인성과 본 연구에서 제안한 가려짐 판단 및 복구 기법을 통해 다중 객체의 추적이 잘 이루어 짐을 알 수 있었다.

5.1 단일 객체에 대한 추적

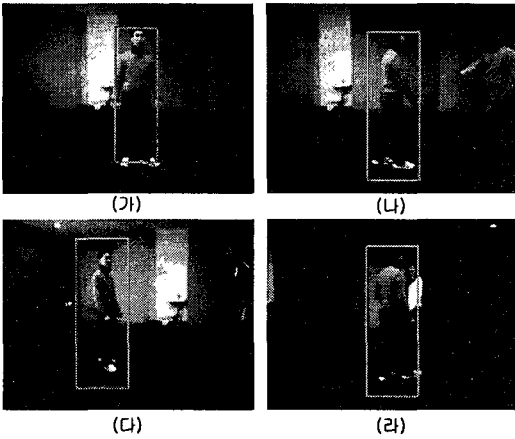


그림4 단일 객체 추적 (가): 초기객체영역(0프레임), (나) 65번째 프레임, (다)233번째 프레임, (라) 320번째 프레임
 단일 객체에 대한 추적은 초기 영역에 대해 3가지의 다른 크기의 객체 후보 영역을 이용하여 가장 유사도가 높은 스케일을 선택하는 실험을 실시하였는데, 스케일의 변화 경향을 이전 프레임에서의 결과와 적절한 비율로 가중을 하는 방법이 필요함을 느꼈다.

5.2 조명 변화가 심한 환경에서의 추적

그림5는 인위적으로 조명 변화를 크게 해서 추적한 결과로 배경과 구별성이 있는 객체에 대해서는 조명의 변화에도 추적이 성공적임을 알 수 있었다..

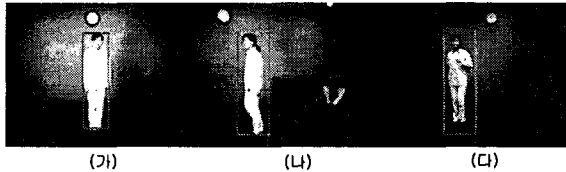


그림5 조명 변화가 큰 환경에서의 추적 (가) 초기 객체 영역(0 프레임, 강한 직접 조명) (나)253번째 프레임 (다) 296번째 프레임(약한 간접 조명 환경)

5.3 다중객체의 추적과 가려짐 후 복원

그림6은 두 객체의 가려짐 상황이 있는 영상에서의 추적 결과이다. 본 연구에서 제안된 방법으로 가려짐 상황을 판단하고 가려짐 후 복원도 성공적으로 수행되었다.

6. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 커널 기반 객체 추적방법을 이용하여 다중 객체를 추적하고 가려짐 상황을 판단하고 복원하기 위해 객체의 중심좌표와 확률밀도 함수의 유사도 평가에 의한 방법을 제안하였다. 실험 결과로 실시간 추적에 적합한 알고리즘으로 판단되었으나, 정보가 유사한 객체간의 추적 혹은 배경과 비슷한 컬러 분포를 가지는 객체는 추적하기 어려웠다. 이는 커널 기반 추적법의 가장 큰 단점으로 공간 정보를 추가 이용하여 보완할 수 있으나[8], 완전히 극복하기는 힘든 문제이다. 향후의 과제로는 Stereo 정보를 추가하여 이러한 단점을 극복하는 연구를 수행할 계획이다.

Stereo 정보는 객체가 서로 구분될 수 있는 깊이(Depth) 정보를 제공해 주기 때문에 컬러 정보와 융합을 통해 보다 강한 추적 결과를 제공할 것으로 예상된다.

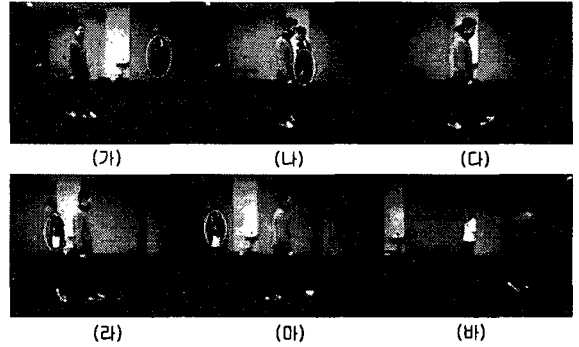


그림6 가려짐이 있는 다중 객체 추적 (가) 초기 객체 영역, (나)24번째 프레임(가려짐전), (다)29번째 프레임(완전 가려짐), (라)35번째 프레임(복원 완료), (마)45번째 프레임, (바)95번째 프레임.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음, IITA-2005-(C1090-0501-0019).

참고 문헌

- [1] S. Julier and J. Uhlmann, " A New Extension of the Kalman Filter to Nonlinear Systems," *Proc. SPIE*, vol. 3068, pp. 182-193, 1997.
- [2] P. Perez, C. Hue, J. Vermaak and M. Cangnet, " Color-Based Probabilistic Tracking", *Proc. European Conference on Computer Vision*, Copenhagen, Denmark, vol.1,pp.661-675, 2002
- [3] Zia Khan, Tucker Balch, and Frank Dellaert, " An MCMC-based Particle Filter for Tracking Multiple Interacting Targets", *European Conference on Computer Vision (ECCV)*, 2004
- [4] D. Comaniciu, V. Ramesh, P. Meer, " Kernel-Based Object Tracking" , *PAMI*, vol.25, no.5. 564-575, 2003.
- [5] D. Comaniciu, P. Meer, " Mean Shift : A Robust Approach Toward Feature Space Analysis" . *PAMI*, vol. 24, no.5, pp. 603-619, 2002
- [6] D.Comaniciu, P. Meer, " Mean Shift Analysis and applications" , *PAMI*, vol. 24, no.5, 2002
- [7] R. T . Collins, " Mean-shift Blob Tracking through Scale Space" , *Proc. IEEE Conf. CVPR*, 2003
- [8] S. T. Birchfield, S. Rangarajan, " Spatiograms versus Histograms for Region-Based Tracking" , *Proc. IEEE Conf. CVPR*, 2005