

파티클 필터와 차영상을 이용한 이동 객체 추적

김효연, 김기상, 최형일
송실대학교 미디어학과

Moving Object Tracking using Particle Filter and Difference Image

Hyo Yeon Kim, Kisang Kim, Hyung-II Choi
Dept of Media, Soongsil University

요 약

본 논문에서는 이동 객체를 추적하기 위해 HSI 색상 모델 기반으로 하는 파티클 필터를 이용하고, 차영상을 통해 추적하고자 하는 객체의 중심점을 보완하는 방법을 제안한다. 색상 모델 기반 파티클 필터로 이동 객체를 추적했을 때, 객체의 색 혼합도의 문제로 객체의 중심과 파티클들의 분포에 대한 정확성이 떨어져 추적의 어려움이 있다. 이 문제를 해결하기 위해 각 프레임마다 차영상을 만들어 이동 객체의 중심점을 찾고, 파티클 필터로 추적한 중심점과 비교하여 객체의 중심점을 보완해 추적에 대한 정확성을 높일 수 있다.

1. 서론

객체 추적 기술은 CCTV와 같은 감시 시스템, 행동 인식, 모바일 로봇, 증강현실 등 컴퓨터 비전 분야에서 중요한 역할을 한다. 하지만, 실시간 객체 추적은 조명의 변화, 배경의 복잡함, 객체의 색 혼합도 등으로 정확한 추적에 어려움이 있다.[2] 본 논문에서는 객체 추적을 하기 위해 최근 활발하게 연구되고 있는 파티클 필터를 이용하였다. 그러나, HSV 색상 모델을 특징으로 한 색상 기반 파티클 필터는 추적하는 객체의 색 혼합도, 잡음에 의해 추적의 정확성이 떨어지는 문제점을 발견했다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 프레임별 차영상을 이용해 이동 객체를 찾고, 그 중심점을 얻는다. 색상 기반 파티클 필터의 예측되는 중심점과 차영상을 통해 얻어진 객체의 중심점을 비교하여 일정 범위를 벗어나면 객체의 중심점을 보완하여 추적의 정확성을 높일 수 있다.

2. 본론

2.1 관측 모델(Observation model) _ HSI 색상 모델

추적하고자 하는 객체를 검출하기 위해 사용되는 여러 특징 중에 색상 모델이 많이 사용된다. 색상 모델에는 RGB, HSI, YCbCr 모델 등이 있는데, 본 논문에서는 사람이 느끼는 색상 공간과 가장 유사하게 인지할 수 있는 HSI 모델을 사용한다. H(Hue)은 색상, S(Saturation)는 색상의 탁하고 맑음의 정도인 채도, I(Intensity)는 밝기의 정도인 명도를 의미한다. RGB색상은 HSI 색상에 비해 조명 변화에 더 민감하고 좋은 성능을 보이기 때문에 파티

클로부터 추출된 RGB색상을 HSI 색상 공간으로 변환하여 색상 모델을 생성한다.

2.2 파티클 필터를 이용한 객체 추적

파티클 필터는 베이시언(Baysian) 확률 분포에 근거하여 물체 추적에 사용되는 알고리즘이다. 선형 시스템, 가우시안 잡음이 있는 경우에 사용되는 칼만 필터와 달리 비선형/ 비가우시안 시스템에 적용이 가능한 파티클 필터를 사용한다. 파티클 필터는 상태변수와 가중치를 가진 유한개의 파티클 집합으로부터 반복적으로 수행하여 객체의 사후 확률 분포를 예측한다. 기본적으로 초기화단계, 예측단계, 업데이트 단계, 위치 추정 단계, 리샘플링 단계로 구성되어 있고, 초기화 외 4단계를 반복하여 파티클의 집합을 갱신하고 위치를 추적한다.

1) 초기화 단계(Initialize)

파티클을 랜덤하게 뿌려서 색상 매칭을 통해 추적하고자 하는 이동 객체를 검출한다. 검출된 객체를 중심으로 유한개의 파티클을 생성한다. 초기화 단계에선 모든 파티클의 가중치는 같고, 합이 1이 되도록 한다. 파티클의 집합 P 는 $P_t^i = (X_t^i, w_t^i), i \in 1 \dots i$ 로 표현되고, 상태 변수 X_t^i 와 가중치 w_t^i 로 구성되어 있다. 상태변수는 x, y좌표값인 파티클의 위치를 $X_t^i = (x_t^i, y_t^i)$ 로 표현된다. 파티클의 개수가 많을수록 추적 정확도는 높으나 속도가 느리다는 단점이 있다. 본 논문에서는 최대 999개 파티클을 사용하였다.

2) 예측 단계(Prediction)

$$p(x_t|z_{1:t-1}) = \int p(x_t|x_{t-1})(x_{t-1}|z_{1:t-1})dx_{t-1} \quad (1)$$

식 (1)의 x 는 현재 위치, z 는 관측모델에 의한 관측값을 의미한다. $p(x_t|z_{1:t-1})$ 는 t-1시간에서 filtering distribution인 $p(x_{t-1}|z_{1:t-1})$ 로부터 계산되고, filtering distribution은 전이모델인 $p(x_t|x_{t-1})$ 와 전단계에 의해 재귀적으로 추정된다.[1] 즉, 예측 단계에서는 관측값인 이전 파티클의 색상 정보를 이용해 파티클의 상태변수 x_t^i, y_t^i 를 이동한다. t-1시간에 파티클의 색상 정보와 객체의 색상 정보가 같은 파티클의 상태변수 x_{t-1}^i, y_{t-1}^i 을 이용해 t-1시간에 위치의 중심을 찾는다. 그 중심에 적절한 예리한 가우시안 랜덤값을 더하여 t시간에 파티클의 상태변수 x_t^i, y_t^i 를 구할 수 있다. 그 값을 따라 파티클을 이동한다.

3) 업데이트 단계(Update)

$$p(x_t|z_{1:t}) \propto p(z_t|x_t)p(x_t|z_{1:t-1}) \quad (2)$$

예측된 현재 위치를 중심으로 각 파티클의 가중치를 업데이트한다. 식 (2)에서 t시간의 파티클의 색상정보인 관측값 z 을 포함한 현재 위치를 구한다. 일반적으로 색상 정보를 가진 모델은 주변에 있는 파티클보다 중심 영역에 중요한 정보를 포함하고 있다. 그러므로 예측 단계에서 예측된 파티클들의 중심인 객체의 중심에 가까울수록 높은 가중치를 주고, 주변으로 갈수록 멀어져 낮은 가중치를 준다. 본 논문에서는 파티클 가중치의 최대값은 대략 30이고, 중심과의 거리가 30이 넘으면 가중치 값은 0이다. 업데이트되는 가중치는 이전 가중치에 영향을 받지 않고, 새로운 값을 갖게 된다.

4) 위치 추정(Pose estimate)

업데이트된 각 파티클들의 가중치와 상태변수의 곱을 모두 합하면 현재 위치를 추정할 수 있다. 본 논문에서는 현재 위치의 중심을 계산하여 현재 위치를 추정한다. 추적 객체와 색상 정보가 같은 파티클의 개수를 matchcount를 M로 표현한다. 색상 매칭이 된 파티클의 상태변수 x_t^i, y_t^i 을 각각 더하여 S_t^x, S_t^y 를 구한 뒤, M으로 나누어 현재 위치의 중심인 C_t 를 구할 수 있다.

$$S_t^x = \sum_{i=1}^n x_t^i, \quad S_t^y = \sum_{i=1}^n y_t^i$$

$$C_t^x = S_t^x / M$$

$$C_t^y = S_t^y / M$$

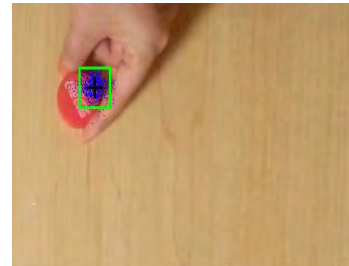
$$C_t = (C_t^x, C_t^y)$$

$$M = \text{matchcount}$$

[수식 1] 현재 위치의 중심 계산식

5) 리샘플링 단계(Resampling)

각 파티클의 업데이트된 가중치에 비례하여 새로운 파티클을 생성하는 다시 샘플링하는 단계이다. 가중치가 낮은 파티클은 소멸하고, 가중치가 높은 파티클을 중심으로 새로운 파티클들을 생성하여 일정한 파티클 개수를 유지되면서 리샘플링이 된다. 생성된 새로운 파티클은 기존 파티클의 특성인 상태변수와 가중치를 가진다. 본 논문에서는 현재 객체의 중심을 평균으로 하는 가우시안 분포 ($P_t^{(i)} \sim N(\text{position of } P_{t-1}, \Sigma)$)를 통해 파티클을 생성한다. -10에서 10까지의 범위를 가진 가우시안 분포의 값을 현재 객체의 중심 C_t 에 더하여 리샘플링한다.

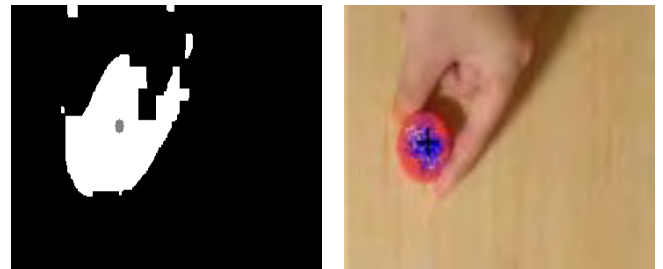


(a)

[그림 1] (a) 색상 기반 파티클 필터를 이용한 이동 객체 추적 영상

그림 1의 (a)와 같이 색상 기반 파티클 필터를 이용한 이동 객체 추적은 객체의 색 혼합도, 색상 성분의 잡음으로 인해 객체 추적의 오차가 생기는 단점이 있다.

2.3 차영상을 통한 객체 중심점 검출



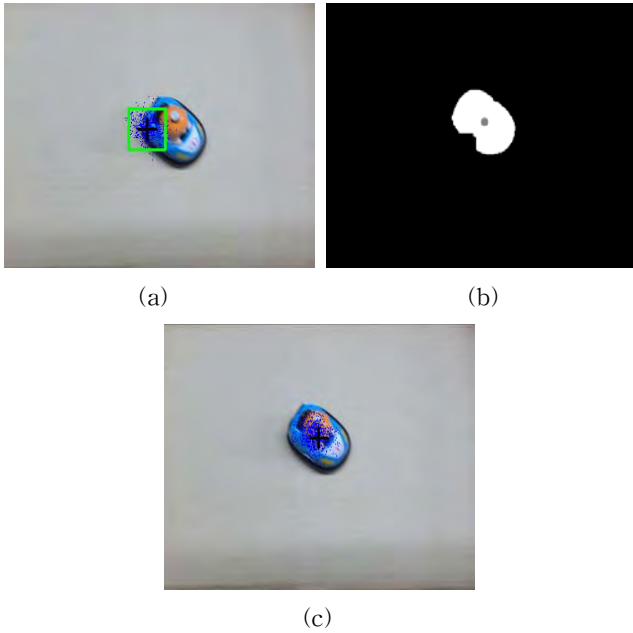
(a)

(b)

[그림 2] (a) 차영상을 통한 이동 객체 중심점 검출 (b) 객체 중심점이 보완된 영상

색상 기반 파티클 필터의 문제점을 해결하고자 그림 2의 (a)와 같이 각 프레임마다 차영상을 만들어 이동 객체를 검출하고, 객체의 중심점을 찾는다. 파티클 필터를 통한 추적 객체 중심의 오차를 줄이기 위해 추정된 현재 위치의 중심과 차영상을 통해 얻은 객체의 중심점의 거리를 비교해 오차가 일정 범위를 넘으면 차영상을 통해 얻은 객체 중심점을 추적 객체의 중심으로 보완하여 객체 추적의 정확성을 높일 수 있다. (b)처럼 이동 객체의 혼합된 색, 잡음을 영향을 줄이고, 위치 중심점을 보완해 이동 객체를 추적할 수 있다.

3. 결론



[그림 3] (a) 색상 기반 파티클 필터를 이용한 이동 객체 추적 영상 (b) 차영상을 통한 이동 객체 중심점 검출 (c) 제안하는 방법으로 이동 객체 추적 결과 영상

색상 기반 파티클 필터를 이용한 이동 객체 추적 영상 그림 3의 (a)에 제안하는 방법을 사용하여 그림 3의 (c)와 같은 결과 영상을 얻을 수 있었다. 본 논문에서는 HSI 색상 모델 기반의 파티클 필터를 이용해서 이동 객체를 추적과 동시에 (b) 영상처럼 차영상을 통해 객체의 중심점을 찾는다. 파티클 필터를 통한 추적 객체의 중심과 (b) 영상의 중심점을 비교하여 추적하는 객체의 현재 위치 중심을 보완한다. 차영상을 통해 객체의 중심을 보완함으로써 객체 추적 정확성을 높이는 결과를 보였다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 2013년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No.2013R1A1A2012012)

참고문헌

- [1] "Particle Filtering", Emin Orhan, (2012. 08)
- [2] "움직임 카메라 환경에서 파티클 필터를 이용한 객체 추적", 고명철, 남재열, 박준영 (2012)
- [3] "파티클 필터를 이용한 다중 객체의 움직임 환경에서 특정 객체의 움직임 추적", 김형복, 고광은, 강진식, 심귀보 (2011)
- [4] "RFID 태그에 기반한 이동 로봇의 몬테카를로 위치추정", 서대성, 이호길, 김홍석, 양광웅, 원대회(2006)