

센서를 이용한 능동 카메라 움직임 보정 및 이동 물체 추적

윤수진, 허오철, 안재홍, 박기헌
 성균관대학교 정보통신공학부

Compensation of active camera motions by using a sensor for tracking of a moving object

Youn Sujin, Heo Oh-Chul, Ahn Jae-Hong, Park Kiheon
 SungKyunKwan University, Department of Electrical and Computer Engineering

Abstract - 움직이는 물체 영역 검출 시 연속된 두 영상간의 차영상을 통하여 구하는 방법은 가장 간단하고 널리 사용되고 있다. 그러나 능동 카메라를 이용하여 실험할 경우 두 연속된 영상 간 배경의 움직임, 즉 카메라의 움직임 영역이 함께 포함되기 때문에 실제로 움직인 물체만을 찾아내기에는 어려움이 있다. 이를 보정하는 방법은 영상의 처리를 통한 배경의 예측 및 보정, 그리고 센서를 통해 카메라가 움직인 각도를 측정하여 이를 보정해주는 방법이 있다. 본 논문에서는 팬틸트 장비에 장착된 카메라에 센서를 부착하여 각 시간 간격 당 움직인 각도를 획득, 이를 이용하여 이전 영상과 현재 영상에서의 픽셀 위치 변화 관계를 구하여 카메라의 움직임을 보정한다. 그리고 보정된 영상과 이전 영상간의 비교를 통해 움직임 영역을 구하고 움직인 물체의 센트로이드를 구한다. 이때 센트로이드가 항상 이미지 플레인의 중심점과 일치하도록 팬틸트 작업을 수행한다.

1. 서 론

카메라를 기반으로 한 자동 감시 및 추적 시스템은 인건비 및 시스템 구축 비용의 절감 등에서 효과적이기 때문에 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 적은 수의 카메라를 이용하여 보다 넓은 영역을 감시하기 위해 수평 수직 방향으로 회전이 가능한 팬틸트 장비가 장착된 능동 카메라를 사용하는 것이 가격 측면에서 유리하다[1].

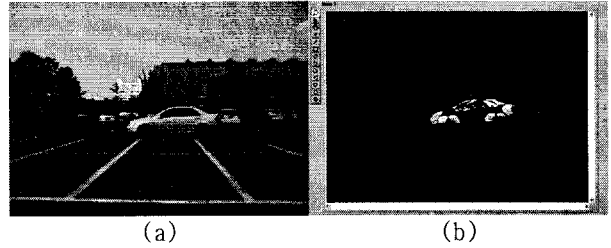
움직이는 물체를 추적하기 위해 지금까지 다양한 연구가 진행되어왔다. 카메라를 통해 움직임 영역을 검출하기 위해서는 optical flow를 이용한 기법[2]과 특징점 정보를 이용한 방법[3], 그리고 연속된 영상 간의 차영상을 이용하여 구하는 방법[4] 등이 있다. 그 중 차영상을 구하여 움직임 영역을 구하는 기법은 가장 간단하고 쉽게 물체의 위치를 추적할 수 있는 정보를 제공한다. 하지만 이 방법은 카메라가 고정되어 있는 상태에서 움직인 물체를 추적하는 데는 유용하게 사용되지만 카메라도 함께 움직일 경우 정적인 배경 영역이 함께 움직여 카메라의 움직임도 움직임 영역에 포함되기 때문에 움직이는 물체만을 검출하는 데 오차가 발생하게 된다. 이런 경우 특징점 검출을 통한 배경 보정 기법[5]이 주로 쓰이며 팬틸트 가능 반경 내의 배경을 모자이크하는 기법[6], 그리고 카메라의 회전 움직임 각도를 검출, 이를 이용한 배경 보정 기법이 사용된다[4].

본 논문에서는 팬틸트 장비에 장착된 카메라에 자이로 센서를 부착하여 차영상을 구할 연속된 두 영상의 각 검출 시간 사이에 카메라가 얼마만큼 회전했는지를 검출, 이를 이용하여 전체 이미지를 보정하고 보정된 이미지를 이용하여 차영상을 구해 움직인 물체를 추출하는 실험을 수행한다. 물체의 위치는 움직임 영역의 센트로이드로 구하며 이 점이 항상 카메라에서 획득되는 전체 영상의 중심점(center point)이 되도록 팬틸트 장비를 움직인다.

2. 본 론

2.1 차영상을 이용한 움직임 영역 검출

카메라의 시야각 내에서 움직이는 물체 하나가 존재한다고 가정했을 때 이 물체는 미리 인식된 템플릿과의 기하학적, 또는 패턴 양상의 비교를 통해 구해낼 수도 있지만 비슷한 구조의 여러 물체 속에 움직이는 물체가 섞여있을 경우 많은 오차가 발생할 수 있다. 그 예로 주차장에서 움직이는 한대의 차량을 추적할 경우 단순히 밝기값이나 색, 모양, 크기 정보로 움직이는 물체를 찾으려 하면 우리가 원하는 물체를 알는데 어려움이 있다. 때문에 움직임에 기인하여 물체를 인식하는 기법으로 연속된 두 영상의 차영상을 구하는 기법이 널리 사용되고 있다. 움직이지 않는 배경 영상은 거의 동일한 밝기값을 유지하기 때문에 차영상에서는 사라지고 움직임이 발생하여 밝기값의 변화가 생긴 영역만을 검출할 수 있게 된다.



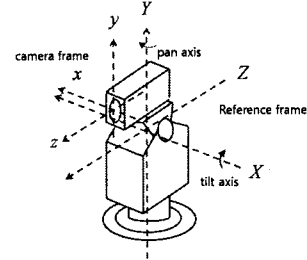
〈그림 1〉 실제 영상과 연속된 두 영상에서 구해진 차영상 (a) 현재 영상 (b) 현재 영상과 이전 영상의 차영상

2.2 능동 카메라에서 움직이는 물체 추적

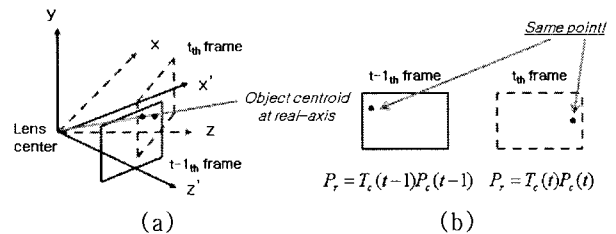
능동 카메라를 통해 차영상을 얻을 경우 배경 영역의 움직임을 보정할 방법이 필요하다. 본 논문에서는 센서를 통해 획득한 팬틸트 각도와 Kanatani의 관계식을 이용한 배경 움직임 보정 기법을 이용하였다.

2.2.1 팬틸트 각도 검출 및 보정

팬틸트 장비에 장착된 카메라에서 획득하는 영상은 world-coordinate와는 다른 새로운 좌표계 정보를 통해 구성된다(그림 2). 때문에 현실에서는 같은 좌표에 위치해있더라도 능동카메라를 통해 얻어진 좌표는 그 카메라의 움직임에 따라 달라질 수 있다(그림 3).



〈그림 2〉 팬틸트 장비에 장착된 카메라 좌표계



〈그림 3〉 같은 렌즈 중심에서 투영된 연속된 두 영상의 3D 점 (a) 3차원 좌표계에서의 연속된 두 영상과 한 점 (b) 2차원 평면으로 카메라에 입력됐을 때의 연속된 점과 동일한 점의 위치 변화

위의 관계를 고려하여 계산했을 때, 각 시간 t-1, t에서의 좌표 (x,y)는 다음과 같은 관계식을 갖는다[3].

$$\begin{aligned} x_{t-1} &= f \frac{x_t - \alpha \sin \theta_t + f \alpha \cos \theta}{-\alpha \cos \theta_t + \gamma_t + f} \\ y_{t-1} &= f \frac{y_t - \alpha \sin \theta_t - f \gamma}{-\alpha \cos \theta_t + \gamma_t + f} \end{aligned} \quad (1)$$

이때 θ 는 카메라 시스템의 초기 경사각을 뜻하며 α 는 팬 각도, γ 는 틸트 각도, t 는 초점거리를 뜻한다. 위의 공식을 이용하면, 시간 $t-1$ 에서 t 까지 카메라가 각각 얼마만큼 팬틸트 했는지를 검출하여 이전 좌표와 현재 좌표의 위치 변화를 획득할 수 있다. 위의 공식을 통한 보정을 통해 차영상을 구할 경우 정적인 카메라 시스템에서와 마찬가지로 움직임 영역을 구할 수 있다.

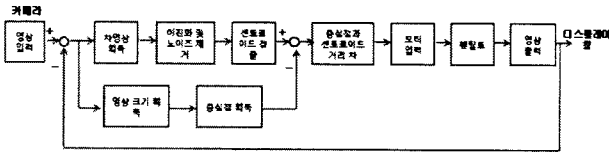
2.2.2 센트로이드와 영상 중심점 일치

배경 보정과 차영상, 노이즈 제거의 영상처리를 거친 후 움직임 영역의 센트로이드를 획득하여 그 위치를 얻는다. 이때의 센트로이드는 다음과 같이 구해진다.

$$x_c = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^{m-1} x_i \quad (2)$$

$$y_c = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} y_i$$

구해진 센트로이드가 항상 영상 평면의 중심점과 일치하도록 카메라를 움직인다. 본 논문에서는 수평 방향으로 움직이는 패닝(panning)작업만을 고려하였다. 영상처리를 통해 획득되고 있는 이미지의 크기 정보를 얻고 이때의 중심점을 구하여 센트로이드와 이미지 중심 간의 차를 구한다. 이때 구해진 차만큼 카메라 패닝이 이루어지도록 시스템을 구축한다. 전체 블록 다이어그램은 그림 4와 같다.



〈그림 4〉 블록 다이어그램

2.3 실험

실험에서는 TOKINA의 팬틸트 장비 MVH-2D를 이용하여 카메라의 팬틸트를 수행하였다. 사용된 카메라는 DFK 31BF03-Z로 IEEE 1394로 컴퓨터와 연결되어 영상 데이터를 받아들인다. 그리고 NI의 LabVIEW vision software를 이용하여 영상을 처리하며 그림은 512X384 pixels의 해상도를 갖는다. 자이로센서는 MURATA의 ENV05G를 이용하였으며 초당 0.3 degree의 분해능을 갖도록 설정하였다.

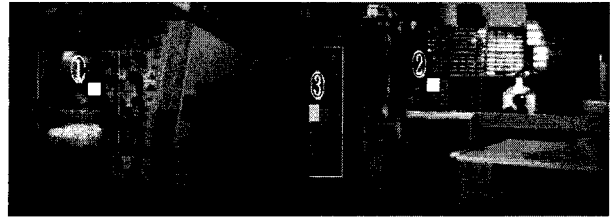
우선 움직이는 물체가 없을 때 차영상을 구하면 카메라가 움직이지 않을 때에는 항상 그 센트로이드는 전체 이미지의 중심점인 (256,192)와 일치해야 한다. 또한 위의 관계식을 이용하여 배경을 보정할 경우, 카메라가 움직이고 있을 때에도 항상 전체의 센트로이드는 이미지의 중심점과 일치해야 한다. 이에 대한 결과는 그림 5와 같다.



〈그림 5〉 움직이는 물체가 없을 때 차영상의 센트로이드
(a) 카메라가 움직이지 않을 때 (b) 카메라가 움직이고 배경 보정을 하지 않을 때 (c) 카메라가 움직이고 배경 보정을 했을 때

그림 5의 (a)는 카메라가 움직이지 않을 때의 전체 영상의 센트로이드를 나타낸다. 노이즈 과정을 거쳤기 때문에 미세한 조명 및 기타 환경에 의한 노이즈는 모두 제거되어 차영상의 결과는 모든 pixel값이 0인 영상이 나타나므로 그 센트로이드(㉑)는 전체 영상의 중심점과 같다. 결과에 의하면, 배경 보정을 하지 않았을 경우에는 카메라가 움직일 경우 배경의 움직임이 동시에 발생하여 전체 센트로이드가 카메라의 움직임에 따라 그 위치가 변하게 된다. 위의 그림 5(b)는 카메라가 패닝하고 있을 때 움직인 센트로이드(㉒)를 나타낸다. 이때 배경 보정을 할 경우 그림 5(c)와 같이 그 센트로이드(㉓)가 이미지의 중심점과 거의 일치함을 알 수 있으며 이때의 오차는 약 70.8%로 이는 신뢰할 수 있는 센트로이드로 간주할 수 있다.

다음으로, 움직이는 물체를 좌측에서 우측 방향으로 이동시키면서 그 센트로이드를 측정하였다. 이미지의 전체 중심점인 (256,192) 보다 우측에서 움직이는 물체의 센트로이드가 검출될 경우, 움직이는 물체를 추적하여 카메라의 패닝 작업이 시작되도록 하였다. 일단 한번 중심점보다 우측에서 센트로이드가 검출된 이후에는 어느 위치에 있는지에 따라서 패닝 작업을 수행하였다. 이 결과는 그림 6과 같다.



〈그림 6〉 배경 보정 후 센트로이드와 이미지 중심점의 일치화
(a) 배경을 보정하며 물체 추적 (b) 배경 보정을 하지 않은 상태에서 물체 추적

그림 6(a)에서 물체의 센트로이드(㉑)는 카메라가 움직이고 있을 때에도 거의 정확히 물체의 위치(사각형 영역 안)와 일치하였다. 그림 6(b)에서 검출된 센트로이드(우측 점, ㉒)는 실제 물체의 센트로이드(좌측 점, ㉓)와 다른 점이며, 실제 패닝은 잘못 검출된 점을 이미지의 중심점과 일치화하기 위해 수행되었다. 실제 물체는 영상의 좌측 테두리에 걸쳐 있는 사각형 영역에 있으며 이후에도 물체의 위치를 계속 놓치는 경향을 보였다. MVH-2D의 평균 패닝 속도는 0.8 degree/sec로 다소 느린 경향이 있어 물체를 영상 내로 추적하는 정도는 가능하였지만 센트로이드를 중심점과 일치하는 데에는 부족한 것으로 보였다. 물체의 속도를 더 느리게 할 경우에는 충분히 노이즈를 제거하면서 움직이는 영역을 검출할 만큼의 움직임 영역을 확보할 수 없으므로 움직이는 물체의 속도는 적절한 선에서 수행되었으며 좌우로 진자 운동을 하도록 설정되었다. 움직이는 물체가 카메라에서 가까워지거나 멀어지는 것은 센트로이드를 구하는 때에는 아무런 지장을 주지 않는다.

3. 결 론

본 논문에서는 팬틸트 장비에 장착된 카메라를 이용하여 영상획득 후 보정 및 영상처리를 통해 움직임 영역의 센트로이드를 검출, 움직인 물체의 위치가 항상 카메라의 영상 중심점에 오도록 하였다. 움직이는 물체가 없을 경우 그 배경의 움직임을 보정하는 것은 어느 정도 만족할만한 결과를 보였지만 실제로 움직이는 물체의 센트로이드가 이미지의 중심점과 일치하도록 팬틸트하여 추적하는 것은 모터의 느린 속도로 인해 다소 부족함을 보였다. 하지만 물체가 팬틸트 장비의 패닝/틸팅 가능 각도 이내라면 어디로 움직이든지 놓치지 않고, 카메라의 화각 이내로 움직이는 물체가 계속 보이도록 하는 데에는 성공하였다.

차우 더 좋은 성능을 보유한 모터를 이용하여 팬틸트 장비를 만드는 작업과 패닝/틸팅을 동시에 하는 알고리즘을 추가하는 것이 필요하다. 또한 더욱 빠른 제어를 위해 다양한 제어기의 적용이 필요할 것이다. 그리고 센서를 이용한 배경 보정과 특징점 기반의 배경 보정 기법의 처리 시간을 비교하여 더욱 효율적인 배경 보정 기법이 어떤 것인지 그 유용성을 확인해 보아야 할 것이다.

본 논문은 대학 IT 전공 역량 강화(NEXT)사업(2008-0162-000) 지원으로 수행되었음.

〈참 고 문 헌〉

- [1] 강동구, 나종범, "객체 추적 카메라 제어를 위한 고속의 움직임 검출 및 추적 알고리즘", 방송공학회논문지, 제 7 권 제 2호, pp.181-191, 2002
- [2] Mutsumi Watanabe, Nobuyuki Takeda and Kazunori Onoguchi, "A moving object recognition method by optical flow analysis", Proceedings of ICPR, 1015-4651/96, pp.528-533, 1996
- [3] Y. C. Chen, L. W. Chang, and C. T. Hsu, "Feature-based object tracking with an active camera", PCM 2002, LNCS 2532, pp. 1137-1144, 2002
- [4] Don Murray and Anup Basu, "Motion tracking with an active camera", IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 16, no. 5, pp.449-459, 1994
- [5] Shoichi Araki, Takashi Matsuoka, Naokazu Yokoya and Haruo Takemura, "Real time tracking of multiple moving object contours in a moving camera image sequence", IEICE TRANS. INF. & SYST., vol. E83-D, No. 7, pp. 1583-1591, 2000
- [6] Arindam Biswas, Prithwjit Guha, Amitabha Mukerjee, K.S. Venkatesh, "Intrusion detection and tracking with pan-tilt cameras", IET International Conference, pp. 565-571, 2006