
CAMshift와 칼만필터를 이용한 야구 중계화면에서의 배트 추적

조경민 · 차의영*

*부산대학교 전기전자컴퓨터공학과

bat tracking in baseball broadcasting using CAMshift and Kalman filter

Kyeong-min Jo · Eui-young Cha*

*Dept of Electrical and Computer Science Engineering, Pusan National University

E-mail : jkm0723@pusan.ac.kr · eycha@pusan.ac.kr

요 약

본 논문에서는 CAMshift와 칼만필터를 이용하여 기존 방송사가 제공하는 야구 중계 화면에서 타자가 스윙하는 배트를 추적하는 방법을 제안한다. 타자가 스윙을 하는 동안 배트는 빠른 속도로 위치가 변하고, 모양 또한 계속 변하며 회전한다. 이러한 이유로, 배트의 invariant로 색상정보를 이용하기 위해 탐색윈도우의 크기를 스스로 조정하는 CAMshift를 적용한다. 색상정보를 이용하기 때문에 배경에 배트와 비슷한 색의 객체가 존재하면 추적에 방해가 되므로 탐색범위를 MHI(Motion History Image)를 이용하여 Motion detection되는 범위로 좁힌다. 칼만필터를 함께 적용함으로써 탐색윈도우의 크기 변화를 제한하고 보다 높은 추적의 정확도를 얻을 수 있었다. 하지만, 색상정보를 이용하기 때문에 조명에 의한 색상변화에 한계가 있었다.

ABSTRACT

In this paper proposes bat tracking in baseball broadcasting using CAMshift and Kalman filter. The bat is changing fast during the swing, the shape also continues to rotate. For this reason, to apply the CAMshift to self adjust the size of the search window in order to use the color information to the invariant of the bat. Because it uses the color information if there are objects of similar color to the background because of the interruption on the track narrows the search range in range of motion detection by using the MHI(Motion History Image). By applying a Kalman filter, limit changing on the size of the search window, and it can be obtained higher track accuracy. But, this proposed method was limited color change by light.

키워드

객체추적, CAMshift, 칼만필터, MHI, 야구중계

1. 서 론

최근 스포츠 중계를 하는 방송사들은 시청자들의 빠른 이해와 효과적인 해설을 위해 다양한 스포츠 분석 기술을 활용한다. 특히, 야구 중계에서는 투수가 던지는 공의 궤적, 초속, 종속 등을 통해 구종을 예측하거나[1][2][3], 투구 자세의 분석 [4], 타구의 궤적 등 야구공을 이용한 분석 기술이 주를 이루어왔다.

최근에 들어서 타자의 배트 스윙속도, 타격자세를 분석하기 위한 기술들을 선보이고 있다. 하지만 타자가 휘두르는 배트를 통한 분석기술은

아직 소개가 되지 않고 있다. 본 논문에서 제안하는 배트의 추적방법을 이용, 발전시킨다면 타자의 스윙여부, 스윙 메커니즘 등 타자의 기록과 관련된 다양한 분석이 가능해질 것이다.

또, 대부분의 분석 기술들은 카메라를 여러 대 사용하기 때문에 방송중계화면을 이용한 제안 방법은 비용 면에서도 효율적일 것이다.

본 논문은 2장에서 연구에 활용된 관련 알고리즘들을 설명하고, 3장에서 제안하는 알고리즘에 대한 설명을 하고, 4장에서의 결론으로 마무리된다.

II. 관련 연구

II-1 Motion History Image

MHI(Motion History Image)[5]는 움직임이 발생할 때 마다 이진화 된 이미지로 누적시켜 만든 MEI(Motion Energy Image)에 시간을 변수로 추가하여 오래될수록 움직임 이미지의 intensity를 낮추어 시간에 따른 움직임의 변화를 알아낼 수 있다. 움직임 이미지는 현재 프레임과 이전프레임간의 차이가 임계값 이상인 픽셀들의 집합이다.

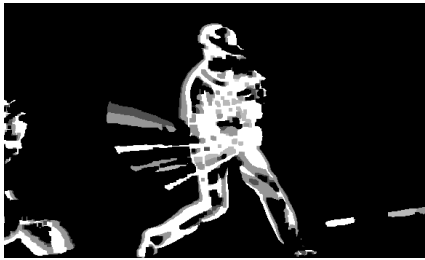


그림 1. 연구에 사용한 영상의 MHI

II-2 CAM Shift

Gary R. Bradski에 의해 제안된 CAM Shift 알고리즘[6]은 Mean Shift 알고리즘[7]의 탐색윈도우 크기를 스스로 재설정 가능하게 하여, 특징의 최대분포 지역에 수렴하는 단점을 개선하였고 변화하는 객체의 추적에 성능향상을 가져왔다. 하지만 탐색윈도우 내의 색상 분포를 이용하여 탐색윈도우의 중심 값이나 크기를 재설정하기 때문에 추적 객체가 탐색윈도우의 영역을 벗어나게 될 경우 더 이상의 추적이 어려워지는 단점이 있다.

CAM Shift의 기본적인 알고리즘은 다음과 같다.

- ① 탐색윈도우의 위치와 크기를 초기화한다.
- ② 초기화된 탐색윈도우를 이용하여 Mean Shift를 수행한다.
- ③ Mean Shift의 수행결과로 찾아진 중심 값과 분류된 색상 값들의 합을 이용하여 탐색윈도우의 중심 값과 크기를 재설정한다.
- ④ 재설정된 탐색윈도우를 이용하여 Mean Shift를 수행한다.
- ⑤ 위의 2~4 스텝을 Mean Shift 알고리즘이 수렴할 때 까지 반복한다.

II-3 칼만 필터

칼만 필터는 정확하지 않은 측정값에서 추정 값을 반복적으로 추정하여 오차를 최소화 하는 알고리즘이다. 식(1)의 프로세스 방정식(x_k)과 측정 방정식(z_k)는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} x_k &= Ax_{k-1} + Bu_k + w_k \\ z_k &= Hx_k + v_k \end{aligned} \quad (1)$$

x 는 시스템의 상태를 나타내는 벡터이고, k 는 시간, u 는 외부 입력, w 는 프로세스 잡음, v 는 측정 잡음을 나타낸다.

$$\begin{aligned} x'_k &= Ax_{k-1} + Bu_k \\ P'_k &= AP_{k-1} + A^T + Q \end{aligned} \quad (2)$$

식(2)의 예측단계와 식(3)의 정정단계를 반복적으로 수행하여 추정 값을 구한다.

$$\begin{aligned} K_k &= P'_k H^T (HP'_k H^T + R)^{-1} \\ x_k &= x'_k + K_k(z_k - Hx'_k) \\ P_k &= (I - K_k H) P'_k \end{aligned} \quad (3)$$

측정 잡음의 공분산인 R 이 매우 크면, 칼만 게인 K 가 매우 작아지므로 다음 단계의 추정치를 계산 할 때 현재의 측정값이 무시된다. 즉 측정 잡음이 크면 현재의 측정값보다 이전의 추정 값에 더 의존한다.[8]

II-4 CAM Shift와 칼만 필터를 결합한 연구

객체 추적분야에서 CAM Shift와 칼만필터를 결합한 연구는 다양하게 진행되어 왔다.[9][10][11] CAM Shift의 단점인 객체가 탐색윈도우를 벗어날 때의 추적을 보완하는데 칼만필터가 효과적이기 때문이다. 칼만필터의 상태방정식 (4)를 (5)로, 측정방정식 (6)를 (7)로 설계한다.

$$X(k) = AX(k-1) + w(k-1) \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} x(k) \\ y(k) \\ v_x(k) \\ v_y(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 & T & 0 \\ 0 & 1 & 0 & T \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k-1) \\ y(k-1) \\ v_x(k-1) \\ v_y(k-1) \end{bmatrix} + w(k-1) \quad (5)$$

상태방정식에서 $x(k)$, $y(k)$ 는 객체의 중심위치, $v_x(k)$, $v_y(k)$ 는 속도를 나타낸다. T 는 영상 프레임 간의 시간차이다. 객체의 중심위치를 CAM Shift를 이용하여 계산하고 객체가 탐색윈도우를 벗어날 경우 칼만필터의 예측으로 객체를 다시 찾는다.

$$Z(k) = HX(k) + v(k) \quad (6)$$

$$z_k = [1 \ 1 \ 0] \begin{bmatrix} x(k) \\ y(k) \\ v_x(k) \\ v_y(k) \end{bmatrix} + v_k \quad (7)$$

III. 제안하는 추적 알고리즘

본 논문에서 제안하는 알고리즘을 그림 2에 나타내었다.

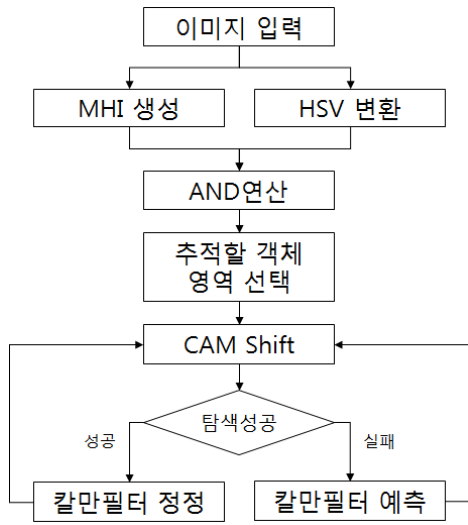


그림 2. 제안하는 알고리즘

타자가 스윙하는 동안 배트는 빠른 속도로 위치, 모양이 계속 변하기 때문에 배트의 추적에 필요한 invariant로 색상 정보를 이용하였다. 색상정보를 이용한 추적 알고리즘 중에서도 크기변화에 영향을 받지 않는 CAM Shift를 이용하였다. 배경에 배트와 비슷한 색의 객체가 존재하면 추적에 방해가 되므로, MHI를 생성하여 탐색범위를 좁힌다. HSV변환을 한 이미지와 MHI를 AND연산한 이미지를 CAM Shift에 적용한다. CAM Shift를 적용시킬 때 배트의 영역을 선택해준다. 배트는 빠른 속도로 위치가 변하기 때문에 CAM Shift로 추적을 하는 동안 탐색윈도우를 벗어날 수가 있다. 이 문제를 해결하기 위해 칼만필터와 함께 적용하는데 CAM Shift로 배트의 중심위치를 찾으면 칼만필터의 정정단계를 수행하고, 배트가 탐색윈도우를 벗어나 중심위치를 찾지 못하면 칼만필터의 예측단계를 수행하여 배트를 다시 탐색한다.



그림 3. 야구선수가 휘두르는 배트의 추적

그림 3에서 빨간 타원은 CAM Shift의 배트 추

적결과이고, 빨간 사각형은 추적결과로 알아낸 배트의 중심위치 좌표에 앞서서 선택한 객체 영역을 위치시킨 것이다. 파란색 사각형은 칼만필터의 정정단계 결과를 나타내고, 초록색 사각형은 배트가 탐색 영역을 벗어나 수행한 예측 단계의 결과를 나타낸다.

IV. 결 론

본 논문에서는 CAM Shift와 칼만필터를 이용하여 방송중계화면에서 타자가 스윙하는 배트를 추적하는 방법을 제안했다. 스윙이 이루어지는 동안 배트의 모양이 계속 변하기 때문에 색상정보를 이용하여 CAM Shift를 적용하였고, 빠른속도로 이동하는 배트가 탐색윈도우를 벗어날 수 있기 때문에 칼만필터로 예측하여 벗어난 배트를 다시 추적한다. 배경에 비슷한 색의 객체가 있을 경우 추적에 방해가 되므로 MHI를 이용하여 탐색범위를 줄여 배트 추적의 정확도를 높였다.



그림 4. 추적에 실패한 영상

하지만, 그림4의 왼쪽 그림과 같이 빠른 속도의 배트를 정확하게 잡아내지 못한 영상이나, 오른쪽 그림과 같은 조명에 의한 배트의 색상변화에는 한계가 있었다. 향후 이러한 한계를 개선하기 위한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Takahashi, Masaki, et al, "Automatic Pitch Type Recognition System from Single-View Video Sequences of Baseball Broadcast Videos." Methods and Innovations for Multimedia Database Content Management, pp.119-142, 2012.
- [2] Shum, Hubert PH, and Taku Komura. "A spatiotemporal approach to extract the 3D trajectory of the baseball from a single view video sequence." Multimedia and Expo, 2004. ICME'04. 2004 IEEE International Conference on. Vol. 3. IEEE, pp. 1593-1586, 2004.
- [3] Guéziec, André. "Tracking pitches for broadcast television." Computer 35.3, pp. 38-43, 2002.

- [4] Chen, Hua-Tsung, et al. "Extraction and representation of human body for pitching style recognition in broadcast baseball video." Multimedia and Expo (ICME), 2011 IEEE International Conference on. IEEE, pp. 1-4, 2011.
- [5] Bobick, Aaron F., and James W. Davis. "The recognition of human movement using temporal templates." Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on 23.3 , pp.257-267, 2001
- [6] Bradski, Gary R. "Computer vision face tracking for use in a perceptual user interface." Intel Technology Journal, Q2, 1998.
- [7] Comaniciu, Dorin, Visvanathan Ramesh, and Peter Meer. "Real-time tracking of non-rigid objects using mean shift." Computer Vision and Pattern Recognition, 2000. Proceedings. IEEE Conference on. Vol. 2. IEEE, pp. 142-149, 2000.
- [8] 김동근, OpenCV 컴퓨터 비전 프로그래밍, 가메출판사, pp. 137-161, 2011
- [9] Huang, Shengluan, and Jingxin Hong. "Moving object tracking system based on camshift and Kalman filter." Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), 2011 International Conference on. IEEE, pp.1423-1426, 2011.
- [10] 김영균, et al. "칼만 필터와 가변적 탐색 윈도우 기법을 적용한 강인한 이동 물체 추적 알고리즘." 제어로봇시스템학회 논문지 18.7, pp. 673-679, 2012
- [11] 김대영, 박재완, and 이철우. "CAMshift 기법과 칼만 필터를 결합한 객체 추적 시스템." 멀티미디어학회논문지 16.5, pp.619-628, 2012