

야구 비디오에 대한 민시프트 추적 하에서 선수 병합 분리

Merge and Split of Players under MeanShift Tracking in Baseball Videos

최현영¹ · 홍성화² · 고재필^{1*}

¹금오공과대학교 컴퓨터공학과

²목포해양대학교 해양정보통신공학과

Hyeon-yeong Choi¹ · Sung-hwa Hong^{2*} · Jae-pil Ko^{1*}

¹Department of Computer Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Gyeongsangbuk-do 39177, Korea

²Department of Maritime Inform. & Comm. Eng., Mokpo National Maritime University, Jeollanam-do 58628, Korea

[요 약]

본 논문에서는 야구 동영상에서 민시프트 추적 프레임워크 하에 선수들을 병합-분리하는 방법을 제안한다. 민시프트 추적 방법은 추적대상 객체의 확률분포에 대해 현재 추적영역에서 확률 값이 최대가 되는 위치로 중심점을 이동하여 객체를 추적한다. 민시프트 추적은 처리속도가 빨라 실시간 추적 문제에 널리 사용되고 있다. 그러나, 다수 객체 추적에서 겹침 문제를 처리하기 어렵다. 이와 같은 문제는 일반적으로 데이터 연관 방법을 적용하여 해결한다. 하지만, 야구선수의 겹침 문제는 선수영역의 해상도가 낮고, 여러 객체가 한 모델을 공유하기 때문에 데이터 연관 방법을 바로 적용하기 어렵다. 본 논문에서는 데이터 연관 방법 적용 이전에 선수 겹침 상황에서 병합-분리를 관리하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 선수의 겹침 상황에서 추적영역 내의 추적 맵 값을 조정하여 선수의 병합-분리를 관리한다. 본 논문에서 제안하는 방법과 민시프트 알고리즘의 추적성능을 비교하여 제안방법의 성능이 우수함을 보였다.

[Abstract]

In this paper, we propose a method that merges and splits players in the MeanShift tracking framework. The MeanShift tracking moves the center of tracking window to the maximum probability location given the target probability distribution. This tracking method has been widely used for real-time tracking problems because of its fast processing speed. However, it hardly handles occlusions in multiple object tracking systems. Occlusions can be usually solved by applying data association methods. In this paper, we propose a method that can be applied before data association methods. The proposed method automatically merges and splits the overlapped players by adjusting the each player's tracking map. We have compared the tracking performance of the MeanShift tracking algorithm and the proposed method.

Key word : Merge and split, MeanShift, Multiple object tracking, Data association, Occlusion.

<https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.1.119>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 23 January 2017; Revised 2 February 2017

Accepted (Publication) 27 February 2017 (28 February 2017)

*Corresponding Author; Jae-pil Ko

Tel: +82-54-478-7529

E-mail: nonezero@kumoh.ac.kr

I. 서론

최근 스포츠 경기의 데이터를 분석하여 선수를 관리하거나, 중계방송을 통해 경기 중의 다양한 정보를 제공하는 시스템이 다수 개발되고 있다. 스포츠 관련 시스템 중 야구경기에서는 주로 야구선수의 움직임을 분석하거나 투수가 던진 공이나 타자가 친 타구의 궤적을 분석하는 시스템이 있다. 이 중 선수의 움직임을 분석하기 위해서는 야구경기 영상에 대해 선수의 위치를 실시간으로 추적하는 기술이 필요하다.

야구경기 중인 선수를 추적할 때, 수비수와 공격수, 심판 등 경기장 내의 다양한 객체사이에 겹침이 발생하기 때문에 겹침 상황을 고려하여 추적할 수 있는 알고리즘이 필요하다. 또한, 선수픽셀의 크기를 일정수준 이상 확보하기 위해서는 고해상도 촬영이 필수적이므로 이를 처리하기 위한 고속 추적 알고리즘이 요구된다.

본 논문에서는 야구 영상에서 선수를 실시간으로 추적하기 위한 추적 알고리즘으로 민시프트 추적 알고리즘을 토대로 한다. 민시프트 추적 알고리즘은 속도가 빠른 장점이 있어 객체 추적 문제에 널리 사용되고 있다[1]. 그러나, 다수 객체 추적에는 취약하다. 다수 객체 추적에서 일반적으로 데이터연관 (data association) 방법을 적용한다. 야구 영상에서는 선수객체의 크기가 작기 때문에 민시프트 추적 후에 곧바로 데이터연관 방법을 적용하기 어렵다[2].

기존의 다수 객체 추적에서 겹침문제를 해결하기 위한 연구로 데이터 연관에 관련된 연구가 있다. J. Xing은 dual mode tracking에서 겹침이 발생하면 파티클 간의 유사도를 비교하여 문제를 해결하였고[3], Li Zhang은 전체 추적 객체에 대한 데이터 연관 문제를 최적화 관점으로 접근하였다[4]. 또한 J. Xing, H. Ai는 객체 검출과 tracklet association을 결합하여 겹침객체에 대한 위치를 추정하였다[5].

객체의 병합, 분리에 관련된 연구로 Araki는 객체 윤곽선 정보를 통해 병합, 분리를 검출하였고 Rubio, Cohen, Alexandros는 병합, 분리에 대해 확률적인 추정을 통해 문제에 접근하였다.[7]-[9]. 또한 Z. Khan은 파티클 필터와 MCMC(Markov Chain Monte Carlo) 샘플링을 활용하여 병합, 분리에 대해 데이터 연관 방법을 적용하였다[10]

민시프트 알고리즘을 다수 객체 추적을 위해 개선한 연구로 Beyan은 민시프트 추적에서 겹침 전, 후의 히스토그램을 매칭하여 다수 객체를 추적하였다. 또한 김광수 외 4인은 민시프트의 입력으로 깊이 영상을 사용하여 객체 부위별 모델링을 통해 가려짐을 처리하는 방법을 제안하였다[12].

기존에 겹침문제 해결을 위해 데이터연관, 객체 병합-분리 등 다양한 연구가 있어 왔지만, 이 방법들은 추적 객체 별 모델을 통해 비교하는 방법이다. 하지만 야구경기에서는 추적객체가 다르더라도 동일 모델을 사용해야하기 때문에 겹침문제를 해결한 다른 방법이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 민시프트 추적에 데이터 연관 방법을

적용하기 전 단계의 선수 겹침 발생 시에 민시프트 추적 맵의 밝기 값 조정을 통한 선수의 병합, 분리를 관리하는 방법을 제안한다.

II. 제안 방법론

2-1 민시프트 추적

1) 추적 맵 생성

민시프트 추적에서 추적하고자하는 대상에 대한 모델을 표현하기 위해서는 모델 표현에 사용할 특징정보를 결정해야 한다. 모델은 일반적으로 컬러 히스토그램으로 표현된다[1]. 컬러 히스토그램 기반 민시프트 추적은 모델의 히스토그램과 현재 추적 영역의 히스토그램의 유사도를 비교하여 추적한다. 하지만 이 방법은 매 프레임마다 히스토그램 계산과 유사도 비교를 수행해야 하기 때문에 실시간 처리가 어렵다.

본 논문에서는 Lab 컬러 공간에 대해 이진화를 통해서 추적 맵을 생성하였다. 또한 야구영상에서 홈팀, 원정팀에 대한 별도의 추적 맵을 생성하였다.

추적 맵을 생성하기 위해 먼저, 입력영상을 RGB 컬러 공간에서 Lab 컬러공간으로 변환한다. 변환된 영상의 b 채널에 대해 오츠 이진화 방법으로 계산한 임계값을 적용하여 이진화 한다.

야구영상에서 배경은 주로 녹색 잔디와 갈색 흙으로 구성되어 있기 때문에 b 채널에 대해 이진화를 수행하면 그림 1과 같이 녹색계열의 잔디와 짙은 붉은색 계열의 흙에 해당하는 배경을 제거한 영상을 얻을 수 있다.

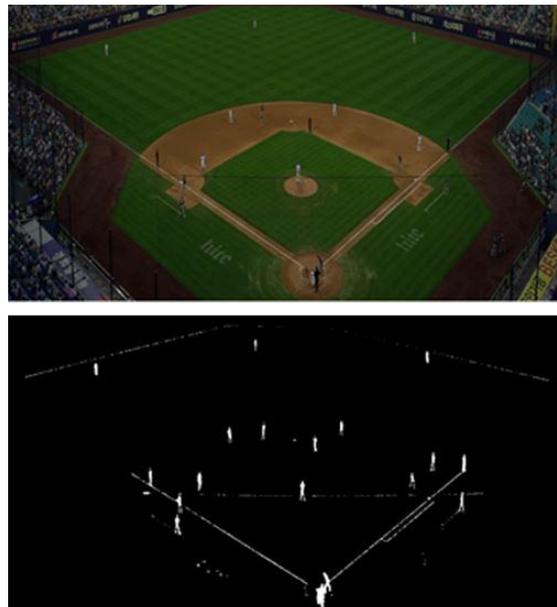


그림 1. 입력영상에 대한 b 채널 이진화 결과
Fig. 1. b channel thresholding result for input image.

두 번째로, 야구경기에서 경기 팀 중 홈팀의 유니폼은 흰색이고, 원정팀의 유니폼은 상의가 색상이 있는 특성을 활용하여 원정팀의 상의부분을 부각시킬 수 있는 영상을 생성한다.

입력 RGB 영상에 대해 컬러정보를 가진 영역을 추출하기 위해 R, G, B 각 채널에서 최댓값을 갖는 채널에서 최솟값을 갖는 채널의 값을 뺀 영상을 생성한다. 이를 수식으로 표현하면 식 (1)과 같다. 식에서 S는 결과영상, R, G, B는 입력영상의 각 채널에 해당하는 영상을 의미한다. 이 결과 영상에 대해 위에서 생성한 이진 영상을 마스크로 하여 배경정보를 제거한다.

$$S = \max(R, G, B) - \min(R, G, B) \quad (1)$$

위에서 생성한 두 개의 결과영상을 결합하여 홈팀의 추적 맵, 원정팀의 추적 맵을 생성한다. 홈팀 추적 맵은 이진영상에서 식 (1)의 S 영상을 빼고, 원정팀의 추적 맵은 이진영상에 S 영상을 더하여 생성한다. 이렇게 생성한 추적 맵은 그림 2와 같다. 그림 2와 같이 원정팀 추적 맵에서는 원정팀 선수 상의 유니폼의 값이 크고, 홈팀 추적 맵에서는 원정팀 선수 상의 유니폼의 값이 상대적으로 작게 조정되어 있는 것을 확인할 수 있다.

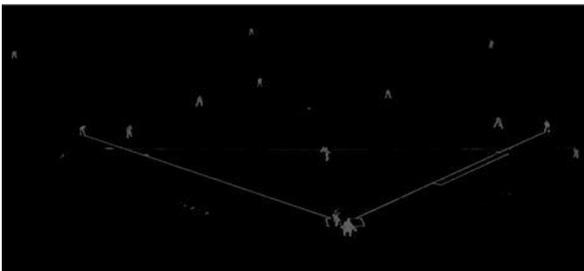
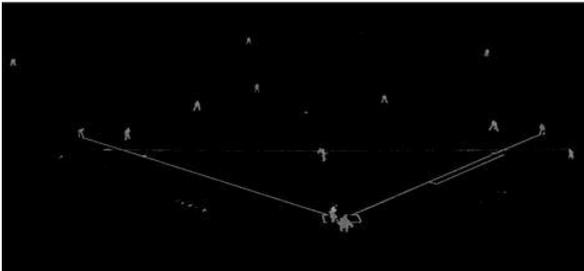


그림 2. 입력영상(위)에 대한 원정팀(중간), 홈팀(아래) 추적 맵
Fig. 2. home team(bottom), away team(middle) tracking map for input image(top).

2) 민시프트 추적

민시프트 추적은 이전 프레임의 추적영역 중심점을 현재 프레임에서 추적 맵을 기준으로 무게중심이 되는 위치로 반복적으로 이동하면서 추적한다. 이를 수식으로 나타내면 아래와 같다.

$$x_n = \frac{\sum w(x_i)x_i}{\sum w(x_i)} \quad (2)$$

식 (2)에서 x_n 은 다음 추적영역의 중심점이고, x_i 는 추적영역 내에 속하는 어떤 한 점의 좌표를 의미한다. $w(x_i)$ 는 1)에서 생성한 추적 맵의 밝기 값이다. 이는 추적맵의 밝기 값을 가중치로 하여 추적영역 내에 속하는 좌표들에 대해 무게중심 좌표를 구하는 것을 의미한다. 이를 반복적으로 수행하면서 최종적인 추적영역의 중심점을 결정하게 된다.

민시프트에서 커널 함수를 도입하여 추적 결과를 개선할 수 있다. 커널 함수는 불록하고, 등방성에 단조 감소하는 함수를 사용한다. 커널함수의 역할은 중심위치에서 멀어질수록 가중치를 낮추는 것이다. 중심위치에 가중치를 크게 주는 것은 물체의 중심에 가까울수록 추적대상인 객체가 속할 확률이 높고, 중심에서 멀어질수록 다른 객체에 의한 가려짐 또는 배경의 간섭에 의해 영향을 받을 확률이 크기 때문이다.

커널함수를 통해 가중치를 조절하여 추적하는 것에 대한 수식은 아래와 같다. 아래의 식 (3)에서 K 는 커널함수를 나타내고, r_i 는 추적영역의 중심점과 x_i 좌표간의 거리 값을 의미한다.

$$x_n = \frac{\sum w(x_i)x_iK(r_i)}{\sum w(x_i)K(r_i)} \quad (3)$$

민시프트 추적 알고리즘은 최종적으로 위의 식 (2.3)에 의해 추적영역의 중심점을 이동하고, 추적영역의 이동좌표가 종료 조건으로 설정한 값보다 작은 경우 종료한다.

민시프트 추적 알고리즘으로 추적을 하는 경우 빠르고 효과적으로 선수를 추적하지만, 선수 간에 겹침이 발생하게 되면 추적이 실패하는 경우가 발생한다.

2-2 선수 병합 분리

1) 추적 영역의 크기 조정

두 선수를 추적 중이던 추적영역이 서로 일정 영역이상 겹치게 되면 병합으로 판정하여 둘 중 한 추적 영역의 크기를 크게 조정한다. 겹침상황 이후에 선수가 어떻게 분리될지 모르기 때문에 추적 영역이 추적대상을 놓치지 않게 하기 위해 하나의 추적 영역을 크게 하여 추적범위를 넓혀준다. 겹쳐서 함께 추적하다가 두 선수가 분리될 때 두 추적 영역의 거리가 일정 거리이상 멀어지면 큰 추적 영역의 크기를 다시 작게 한다.

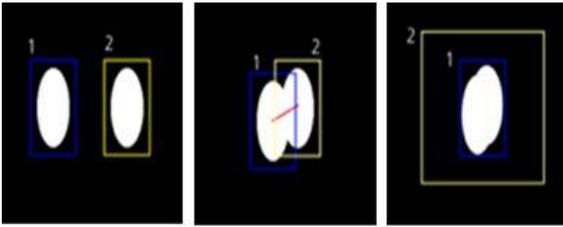


그림 3. 겹침 시 추적영역의 크기 조정
 Fig. 3. resize the tracking window in occlusion situation.

추적 영역의 크기가 조정된 이후, 그 내부에 있는 두 선수가 겹친 상태로 계속 이동을 하게 되면, 그 영역의 무게 중심이 동일하므로 민시프트 알고리즘으로 추적할 때 문제가 없다.

겹쳐진 선수가 분리되기 시작하면, 작은 추적영역은 원래 추적하고 있던 하나의 선수를 계속 추적하기 때문에 문제가 없지만, 큰 추적 영역은 작은 영역이 추적하는 선수가 아닌 다른 선수를 추적 대상으로 삼아야 한다. 하지만 민시프트 추적 알고리즘을 이용해서 추적을 하게 되면 큰 추적 영역은 내부의 선수 객체 중에 크기가 큰 객체를 추적하게 된다. 이 때 크기가 큰 객체가 작은 추적 영역이 이미 추적하고 있던 객체라면 원래 추적하던 객체 중 한 객체에 대해 추적을 실패하게 된다.

그림 3에서 왼쪽과 같이 추적 영역 1, 2는 서로 다른 선수를 추적하고 있다. 이 때 중간그림과 같이 각자 추적하고 있던 추적 영역 1, 2가 일정 영역 이상 겹친 경우 둘 중 한 추적 영역의 크기를 오른쪽과 같이 크게 하여 추적대상을 놓칠 확률을 줄인다.

추적 영역의 크기를 크게 조정하고, 작게 조정할 때 겹침 선수를 추적하고 있던 추적 영역의 겹침 정도가 어느 정도일 때 조정해야 할 것인지는 파라미터로 하여 적절한 값을 찾아야 한다. 본 논문에서는 겹침 정도가 추적 영역 크기의 80% 이상일 때($T_u = 0.8$) 크기를 크게 조정하고, 겹침 정도가 20% 이하가 될 때($T_l = 0.2$) 크기를 다시 작게 조정하였다.

2) 추적 영역 내 객체 밝기 조정

앞서 1)에서 큰 추적 영역과 작은 추적 영역이 동일한 한 선수를 추적하는 것을 피하기 위해 추적 영역 내에서 객체의 추적 맵 밝기 값을 조정한다.

추적 맵의 밝기 값을 조정하면 민시프트 알고리즘에서 추적영역의 중심점을 이동할 때 이동하는 좌표가 달라진다. 이를 이용하여 큰 추적 영역과 작은 추적 영역이 분리되어 서로 다른 객체를 추적하도록 추적 맵의 밝기 값을 조정한다.

이를 위해 겹침 상태로 선수를 추적할 때, 두 추적영역의 겹침 영역의 밝기 값을 줄인다. 밝기 값을 조정해도 작은 추적 영역이 추적할 때 무게중심에는 큰 변화가 없다. 반면에 큰 추적 영역의 무게중심은 겹침영역과 다른 쪽으로 이동하게 된다. 결국 작은 추적 영역의 선수 추적에 영향을 주지 않고, 큰 추적 영역의 무게 중심을 작은 추적 영역이 추적하고 있는 선수가 아닌, 다른 선수로 이동시킬 수 있다.

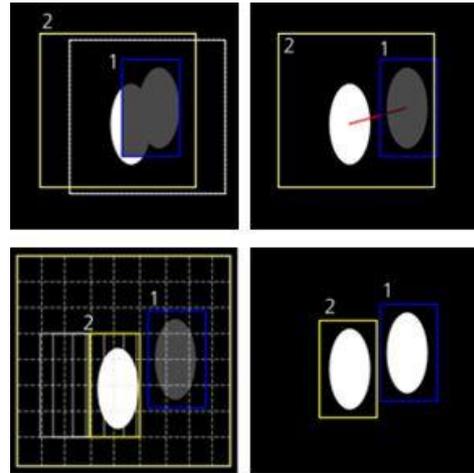


그림 4. 겹침 시 추적영역 내 객체 밝기 조정
 Fig. 4. adjust the brightness of objects inside the tracking window in occlusion situation.

그림 4는 두 선수의 겹침 시에 추적 맵 밝기 조정 과정을 나타낸다. 그림 4에서 왼쪽 위는 추적 영역 1, 2가 겹친 후 추적 영역 2가 커진 상황이다. 두 추적 영역이 겹친 영역의 밝기를 줄여서 이 때 추적영역 1과 2의 겹침 영역에 대해 추적 맵의 밝기 값을 감소시킨 결과로 추적 영역 2의 위치가 흰색 점선이 아닌 노란색 실선에 해당하는 위치로 이동하게 된다.

그림 4의 오른쪽 위와 같이 추적영역 1과 2가 추적하는 선수가 분리되어 추적영역 중심점 간의 거리가 일정 거리 이상 멀어지게 되면 선수의 분리로 판단하여 커진 상태인 추적 영역 2의 크기를 원래대로 복구시킨다.

추적 영역 2의 크기를 줄일 때, 그 중심점은 그림 4의 왼쪽 아래와 같이 결정한다. 큰 추적 영역을 일정 크기의 셀로 나누어 추적 맵 밝기 평균값이 가장 큰 셀을 중심점으로 한다.

위 과정은 두 선수가 겹친 경우로, 상대적으로 복잡하지 않은 상황이다. 하지만, 야구경기 중에는 3명이상의 선수가 겹치는 현상이 빈번하다. 이를 적절히 처리하기 위해서는 위의 과정에 대해 추가적인 처리과정이 필요하다.

그림 5 복잡한 상황의 예를 나타낸다. 그림은 추적 영역 1, 2, 3이 겹친 후 추적 영역 2가 분리된 상황이다. 추적 영역 1은 겹침 상황에서 크기가 커지지 않은 추적 영역이다.

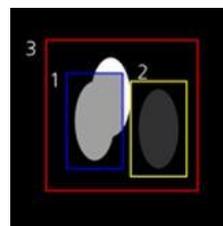


그림 5. 다수 겹침 상황의 밝기 조정
 Fig. 5. adjust the brightness of objects in multi-object occlusion situation.

먼저, 추적 영역 1은 겹침 상황에서 내부 무게중심에 큰 변화가 없기 때문에 추적 영역 2가 분리될 때 원래 추적하던 객체를 그대로 추적하게 된다.

추적 영역 3은 추적 영역 1과 겹친 부분의 밝기가 조정되어 있어서 추적 영역 2가 분리될 때 추적 영역 3의 무게중심이 분리되는 객체 쪽으로 이동한다. 그러면 추적 영역 3과 추적 영역 2가 겹쳐진 채로 한 선수를 추적한다.

위 상황에서 추적영역 3이 분리된 선수의 영향을 받지 않고, 추적영역 1과 겹친 객체를 그대로 추적하게 하기 위해 분리된 추적 영역 2의 밝기를 추적 영역 1과 2가 겹친 영역보다 더 많이 낮춘다.

선수 밝기 조정과정에서 밝기를 어느 정도로 조정해야 하는지는 아래 수식에 따라 결정된다. 식 (3)에서 l 은 밝기 값을 낮추는 비율이고, s_1, s_2 는 겹친 두 객체의 크기이다. l 이 0.5라는 것은 두 선수 객체의 크기가 2배 차이나는 경우까지 무게중심 좌표를 조절할 수 있다는 의미이다.

하지만, 야구영상에서 선수크기의 경우 두 선수가 겹침 상황에서 크기 차이가 거의 없기 때문에 일정 크기 이상의 차이를 두는 것만으로도 효과가 있다. 본 논문에서는 l 을 0.5로 설정하였다.

$$l = \frac{s_1}{s_2} (s_1 \geq s_2) \tag{4}$$

이를 정리하면 다음과 같다. 먼저, 현재 프레임에 대한 겹침 리스트를 생성한다. 리스트 내의 추적영역 중 겹침이 발생한 두 추적영역 중 하나의 크기를 크게 조정한다. 큰 추적영역과 작은 추적영역의 겹쳐진 영역에 대해 밝기를 주변보다 낮게 조정한다. 큰 추적영역과 작은 추적영역의 중심점 간 거리가 일정 거리이상 멀어지면 큰 추적영역을 복구시킨다. 큰 추적영역의 크기를 다시 복구시킬 때, 그 중심점은 내부에서 추적 맵 밝기의 평균이 가장 큰 위치로 한다. 다시 작아진 영역에 대해서는 아직 분리되지 않은 추적영역을 위해 추적 맵 밝기를 한 단계 더 낮게 조정한다.

III. 실험

3-1 실험

본 논문에서는 추적성능을 평가하기 위한 방법으로 추적 영역과 ground truth 영역의 겹침 정도에 따른 점수를 사용하였다 [13]. 이를 계산하는 수식은 아래의 식 (5)와 같다. 수식에서 R_t 는 ground truth 영역을 의미하고, R_b 는 추적 알고리즘으로 추적한 영역을 의미한다. 식 (5)의 score가 0.5 이상인 경우를 추적 성공으로, 0.5보다 작을 때를 추적 실패로 판정하였다.



그림 6. 실험영상 및 초기 추적 영역
Fig. 6. test image and initial tracking windows.

$$score = \frac{|R_t \cap R_b|}{|R_t \cup R_b|} \tag{5}$$

그림 6은 실험에 사용한 야구경기 영상과 초기 추적 영역을 나타낸다. 그림에서 추적대상이 되는 선수에 대해 사각형 영역으로 표시하였다. 추적대상으로 한 1, 2, 3루수, 유격수, 투수, 타자의 총 6명의 선수에 대한 추적 영역 각각의 추적성능을 평가하였다.

그림 7은 실험영상의 일부 프레임에 대해 제안한 방법으로 추적했을 때 각 선수의 프레임 별 추적 에러율을 나타낸다. 에러율은 score를 1로 빼서 계산하였다. 여기서 score는 위의 식 (5)에서 계산한 ground truth와 추적영역의 겹침 점수이다.

일반적인 추적상황에서 에러율이 0에 가까운 것은 ground truth 생성에 추적 알고리즘을 적용하고, 겹침상황에서 오류치치를 수정했기 때문이다.

그림 7의 그래프에서 추적도중 타자와 1루수 겹침이 발생하는 프레임에서 두 선수의 에러율이 높아지는 부분이 나타난다. 이후 다시 두 선수의 에러율이 감소하는 것으로 겹침상황에서 병합-분리 처리가 제대로 이루어진 것을 확인할 수 있다.

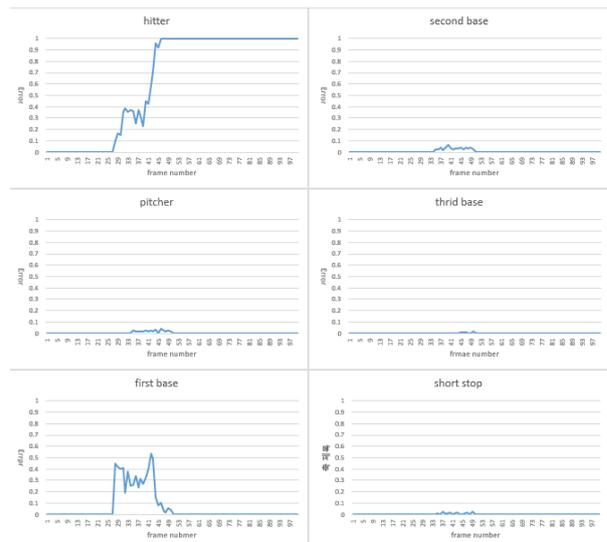


그림 7. 제안 방법의 추적 에러
Fig. 7. tracking error of proposed method.

그림 8의 그래프는 그림 7과 동일한 실험영상에 대해 민시프트 알고리즘으로 추적했을 때 에러율을 나타낸다. 다른 선수의 에러율은 거의 동일하지만, 타자의 에러율이 특정 프레임 이후로 1이 된 것을 확인할 수 있다. 이는 겹침 이후에 선수가 서로 분리되었을 때 추적에 실패했음을 보여준다.

이 결과를 통해 겹침 상황에서 본 논문에서 제안한 방법을 민시프트 알고리즘과 함께 추적에 적용했을 때, 야구선수 추적에서 겹침이 발생한 상황에서의 추적성능이 기존 민시프트 알고리즘만 이용한 결과보다 우수하다는 것을 확인할 수 있다.

그림 9는 실험영상에서 에러율이 나타나는 프레임 중 일부를 본 논문의 제안방법으로 추적한 추적영역을 나타낸 영상이다. 두 추적대상 객체가 겹쳤을 때와 주변의 다른 객체와 만났을 때 추적영역이 선수객체 중심에서 멀어지는 것을 확인할 수 있다. 또한 그림 10은 민시프트 알고리즘으로 추적했을 때, 겹침 프레임에서 추적이 실패하는 것을 보여준다. 두 선수가 겹침이 발생했을 때 함께 추적하다가 분리되었을 때 두 선수 중 더 큰 객체를 추적하여 추적에 실패하는 것을 확인할 수 있다.

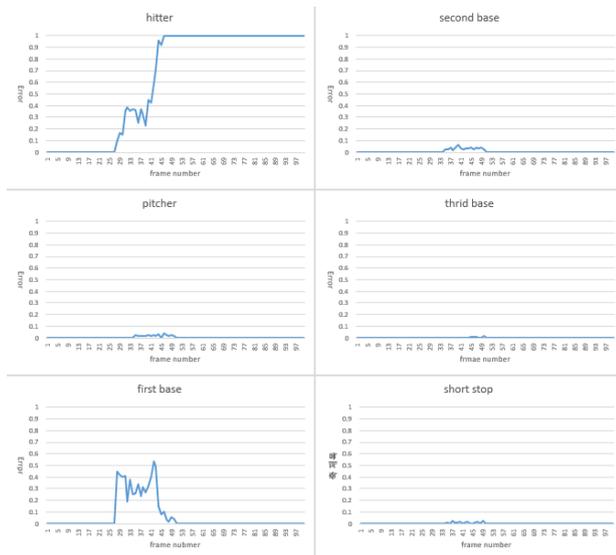


그림 8. 민시프트 알고리즘의 추적 에러
Fig. 8. tracking error of MeanShift algorithm.

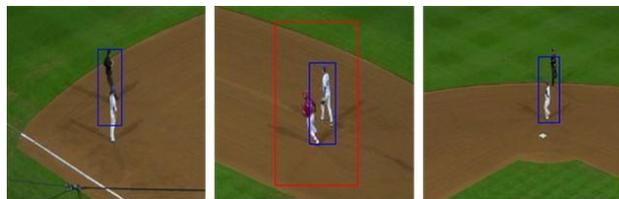


그림 9. 에러율이 높아지는 부분의 추적 영역
Fig. 9. tracking window with high error rate.

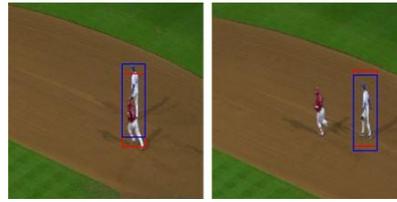


그림 10. 민시프트 알고리즘의 추적 실패 상황
Fig. 10. tracking window with high error rate.

IV. 결 론

본 논문에서는 야구 비디오에서 민시프트 추적 프레임워크 하에 동작하는 선수 병합, 분리 방법을 제안하였다. 제안 방법은 데이터 연관 방법을 적용하기 이전 단계로, 제안방법을 적용한 이후에 데이터연관 방법을 적용하여 객체를 구분하여 추적할 수 있다.

제안하는 방법의 성능을 검증하기 위하여 야구 비디오에 대해 기존 민시프트 알고리즘과 제안방법의 추적성능을 비교하였다. 겹침상황에 대한 추적 결과를 보았을 때, 본 논문의 제안방법이 효과가 있는 것을 확인하였다.

제안방법은 본 논문에서 야구 선수 객체 추적에 적용했지만, 무인항공기에서의 영상 기반 추적과 같은 다른 추적 응용에도 활용할 수 있을 것이다[14].

감사의 글

이 연구는 금오공과대학교학술연구비에 의하여 지원된 논문임

참고 문헌

- [1] D. Comaniciu, V. Ramesh, and P. Meer, "Real-time tracking of non-rigid objects using mean shift," in *Proceedings of the 2000 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Hilton Head: SC, pp. 142-149, 2000.
- [2] Y. B. Shalom, and T. Fortmann, *Tracking and Data Association*, London: UK, Academic Press, 1988.
- [3] J. Xing, H. Ai, L. Liu, and S. Lao. "Multiple players tracking in sports video: a dual-mode two-way bayesian inference approach with progressive observation modeling," *IEEE Transaction on Image Processing*, Vol. 20, No. 6, pp. 1652-1667, 2011.
- [4] L. Zhang, Y. Li, and R. Nevatia, "Global data association for multi-object tracking using network flows," in *Proceedings of the 2008 IEEE Conference on Computer*

- Vision and Pattern Recognition*, Anchorage: Alaska, 2008.
- [5] J. Xing, H. Ai, and S. Lao “Multi-object tracking through occlusions by local tracklets filtering and global tracklets association with detection responses,” in *Proceedings of the 2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Miami: FL, pp. 1200-1207, 2009
- [6] S. Araki, N. Yokoya, and H. Takemura, “Real-time tracking of multiple moving objects using split-and-merge contour models based on crossing detection,” *Systems and Computers in Japan*, Vol. 30, No. 9, pp. 25-33, 1999.
- [7] J. C. Rubio, J. Serrat, and A. M. López, “Multiple target tracking and identity linking under split, merge and occlusion of targets and observations,” in *Proceedings of the 1st International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods*, Vilamoura: Portugal, pp. 15-24, 2012.
- [8] Y. Ma, Q. Yu, and I. Cohen, “Multiple hypothesis target tracking using merge and split of graph's nodes,” in *International Symposium on Visual Computing*, Lake Tahoe: NV, pp. 783-792, 2006.
- [9] A. Makris, and C. Prieur, “Bayesian multiple hypothesis tracking of merging and splitting targets,” *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 52, No. 12, pp.7684-7694, 2014.
- [10] Z. Khan, B. Tucker, and F. Dellaert. “Multitarget tracking with split and merged measurements,” in *Proceedings of the 2005 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, San Diego: CA, pp. 605-610, 2005.
- [11] C. Beyan, and A. Temizel, “Adaptive mean-shift for automated multi object tracking,” *IET Computer Vision*, Vol. 6, No. 1, pp. 1-12, 2012.
- [12] K. Kim, S. Hong, S. Kwak, J. Ahn, and H. Byun, “Multiple human tracking using mean shift and depth map with a moving stereo camera,” *Journal of Korean Institute of Science and Technology Information*, Vol. 34, No. 10, pp. 937-944, 2007.
- [13] Y. Wu, J. Lim, and M. H. Yang, “Online object tracking: A benchmark,” in *Proceedings of the 2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Portland: OR, pp. 2411-2418, 2013.
- [14] J. Kim, J. Jeong, D. Han, J. Heo, and D. Lee, “Fixed-wing UAV's image-based target detection and tracking using embedded processor,” *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 16, No. 6, pp. 910-919, 2012.



최 현 영 (Hyeon-Yeong Choi)

2015년 2월 : 금오공과대학교 컴퓨터공학 (이학사)
 2015년 3월 ~ 현재 : 금오공과대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사과정
 ※ 관심분야 : 패턴인식, 컴퓨터 비전, 영상처리



홍 성 화 (Sung-Hwa Hong)

2008년 8월 : 고려대학교 전자컴퓨터공학과 (공학박사)
 2009년 3월 ~ 2011년 8월 : 동양미래대학교 소프트웨어정보학과 교수
 2011년 8월 ~ 현재 : 목포해양대학교 해양정보통신공학과 교수
 ※ 관심분야 : USN, 홈네트워크, 센서 네트워크, 임베디드 시스템, 계측제어



고 재 필 (Jae-Pil Ko)

2004년 2월 : 연세대학교 컴퓨터과학 (공학박사)
 2004년 3월 ~ 현재 : 금오공과대학교 컴퓨터공학과 교수
 ※ 관심분야 : 패턴인식, 컴퓨터비전, 영상처리