

일반논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제17권 제6호, 2012년 11월 (JBE Vol. 17, No. 6, November 2012)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2012.17.6.1040>

ISSN 1226-7953(Print)

## 가려짐에 강인한 축구공 추적

이 권<sup>a)</sup>, 이 철 희<sup>a)‡</sup>

# Soccer Ball Tracking Robust Against Occlusion

Kwon Lee<sup>a)</sup> and Chulhee Lee<sup>a)‡</sup>

### 요 약

본 논문에서는 축구 방송 영상에서 가려짐에 강인한 축구공 추적 알고리즘을 제안한다. 축구공은 가려짐, 축구공의 빠른 움직임 그리고 빠른 방향 전환 등으로 인해 추적이 어렵다. 기존의 방법들은 대부분 각각의 영상에서 축구공 후보들을 찾고 가능한 모든 경로를 예측하여 최적의 축구공 경로를 찾는 방식으로 축구공을 추적하였으나 이러한 방식은 연산량이 많아 실시간 축구공 추적에 적합하지 않다. 본 논문에서는 Circular Hough Transform을 이용하여 초기 축구공의 위치를 찾아내고, 이전 프레임의 축구공 템플릿을 이용하여 축구공을 추적하고 가려짐 상황에서는 가려짐 처리 알고리즘을 적용한다. 축구공 추적을 위하여, 매칭 스코어를 이용하여 축구공의 가려짐 상황을 판단한다. 가려짐 상태에서 축구공 후보들을 찾고 이전 프레임과의 매칭을 통해 이전 프레임에 존재하는 축구공 후보들은 축구공이 아니며, 새롭게 나타나는 축구공 후보가 축구공일 것이라는 가정을 적용하여 축구공 가려짐 처리 알고리즘을 제안한다. 실제 방송용 축구 경기 영상에 적용하여 제안된 알고리즘이 가려짐 상황을 효과적으로 처리함을 보여준다.

### Abstract

In this paper, we propose a ball tracking algorithm robust against occlusion in broadcasting soccer video sequences. Soccer ball tracking is a challenging task due to occlusion, fast motion and fast direction changes. Many works have been proposed based on ball trajectory. However, this approach requires heavy computational complexity. We propose a ball tracking algorithm with occlusion handling capability. Initial ball location is calculated using the circular hough transform. Then, the ball is tracked using template matching. Occlusion is handled by matching score. In occlusion cases, we generate a set of ball candidates. The ball candidates which exist in the previous frame were removed. On the other hand, the new appearing candidate is determined as the ball. Experiments with several broadcasting soccer video sequences show that the proposed method efficiently handles the occlusion cases.

Keyword : Soccer Ball Tracking, Circular Hough Transform, Template Matching, Occlusion Handling

---

a) 연세대학교 전기전자공학과 (School of Electrical & Electronic Engineering at Yonsei University)

‡ Corresponding Author : 이철희 (Chulhee Lee)

E-mail: [chulhee@yonsei.ac.kr](mailto:chulhee@yonsei.ac.kr)

Tel: +82-2-2123-2779 Fax: +82-2-312-4584

※ 이 논문은 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 특정기초연구 지원을 받아 수행된 연구임(No.2008-0052335).

· Manuscript received July 30, 2012 Revised November 20, 2012 Accepted November 20, 2012

## 1. 서론

방송 분야에서 축구 영상을 영상 처리 기술을 이용하여 자동으로 분석하기 위한 연구가 활발하다. 축구 동영상 하이라이트를 요약<sup>[1]</sup>, 볼 점유 팀 분석<sup>[2]</sup>, 골인 이벤트 검출<sup>[3]</sup> 등을 위한 다양한 연구가 있었다. 이러한 영상 처리 기반 자동 축구 영상 분석을 위한 기본적인 것 중 가장 중요한 과정이 축구공 검출 및 추적 과정이다. 축구공 검출 및 추적은 객체 추적의 한 분야이지만 기존의 객체 추적 알고리즘을 바로 적용하기에는 어렵다. 그림 1에서 보는 바와 같이 축구공의 크기가 상대적으로 작으며, 빠른 움직임 및 충격으로 인하여 축구공의 형태가 다양하게 바뀐다. 이외에도 종아리나 머리와 같이 축구공과 비슷한 물체도 있으며, 선수들에 의해서 축구공이 가려지거나 운동장의 흰색 라인과 겹쳐져서 축구공을 찾기가 어렵다.



그림 1. 축구 영상에서 축구공의 일반적인 형태  
 Fig. 1. Typical balls in soccer video

이러한 문제를 해결하기 위한 많은 연구가 있었다. 대부분의 연구들은 각각의 프레임 별로 볼 후보들을 생성하고 축구공 후보들 간의 여러 경로를 탐색하여 최적의 경로를 찾는 방식을 취하고 있다<sup>[4]-[10]</sup>. Yu는 축구공의 크기, 색상, 모양 등의 정보를 이용하여 축구공 후보들을 찾고 축구공 후보들 간의 경로 중에서 가장 활발하게 움직이는 후보를 축구공으로 결정한다<sup>[5]</sup>. Liu는 Viterbi 디코딩 알고리즘을 적용하여 최적의 축구공 경로를 찾는다<sup>[6]</sup>. 이러한 접근 방식은 축구공이 가려져 있는 경우에도 연속적으로 축구공의 위치를 양호하게 검출하나, 경로를 탐색하기 위해 여러 프레임을 이용하므로 실시간 축구공 추적이 어렵다. 신경망 분류기를 이용하여 축구공을 직접 찾는 방식이 제안되었으나 이러한 방식은 축구공의 크기가 크고 형태가 둥글게 잘 유지되는 경우에 좋은 성능을 내지만 실제 축구 경기 영상과 같이 축구공의 크기와 형태가 변하거나 가려지는 경우

가 많이 발생하여 성능이 떨어진다<sup>[11]</sup>.

본 논문에서는 경로기반이 아닌 템플릿 매칭을 이용한 축구공 추적과 가려짐 처리 알고리즘을 이용한 직접적인 축구공 추적 알고리즘을 제안한다. 초기 축구공의 위치 탐색을 위해 modified circular hough transform<sup>[11]</sup>을 이용한다. 초기 축구공의 위치가 결정되면 템플릿 매칭을 이용하여 축구공을 추적하고 매칭 스코어를 이용하여 축구공의 가려짐 상황을 판단한다. 가려짐 상황에서는 축구공 후보들을 찾고 이전 프레임과의 매칭을 통해 이전 프레임에 존재하는 축구공 후보들을 제거하고, 새롭게 나타난 축구공 후보를 축구공으로 결정하는 가려짐 처리 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II절에서는 전체 알고리즘의 구성을 설명하고, III절에서 제안된 방법에 대해 설명하고 IV절에서 실험결과를 보여준다. V절에서는 결론을 기술한다.

## II. 알고리즘 구성

그림 2는 제안 알고리즘의 순서도를 보여준다. 둥근 물체를 찾을 때 사용되는 Circular Hough Transform (CHT)을

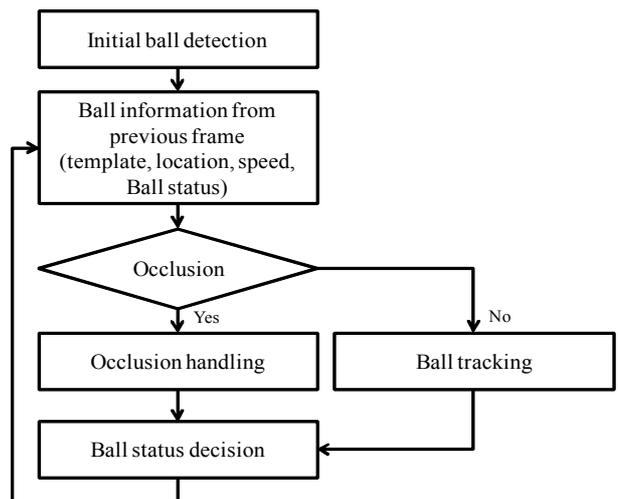


그림 2. 제안 알고리즘 순서도  
 Fig. 2. Block diagram of the proposed method

이용하여 초기 축구공의 위치를 찾는다. 이전 프레임의 축구공의 위치를 사용하여 축구공의 속도를 계산하고, 이를 이용하여 축구공 추적을 위한 탐색 범위를 한정한다. 한정된 탐색 범위 내에서 축구공 템플릿을 이용하여 MAE (mean absolute error)가 가장 작은 물체를 찾는다. 템플릿 매칭 스코어가 임계치보다 작은 경우는 축구공을 찾은 경우이며, 그렇지 않은 경우는 축구공이 가려진 경우로 판단하여 가려짐 처리 알고리즘을 수행한다.

### III. 제안하는 알고리즘

#### 1. 초기 축구공 검출

CHT는 등근 패턴의 물체를 찾는데 이용되었다. 축구공은 급격한 변화가 없을 경우 등근 형태를 유지하기 때문에 초기 축구공의 위치를 찾는 방법으로 CHT를 이용한다. 연산량을 줄이고 인식 오류를 줄이기 위한 많은 modified CHT가 제안되었으며 본 논문에서는 에지 방향 정보를 이용한 modified CHT를 이용한다<sup>[11]</sup>. CHT는 에지 이미지를 컨볼루션 연산으로 구현될 수 있다. 다음과 같은 등근 물체 감지 연산은  $[R_{min}, R_{max}]$  사이의 반지름을 갖는 등근 물체에서 가장 큰 값을 나타낸다.

$$u(x,y) = \frac{\iint_{D(x,y)} \vec{e}(\alpha,\beta) \cdot \vec{O}(\alpha-x,\beta-y) d\alpha d\beta}{2\pi(R_{max} - R_{min})} \quad (1)$$

여기서  $D(x,y)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$D(x,y) = \{(\alpha,\beta) \in R^2 | R_{min}^2 \leq (\alpha-x)^2 + (\beta-y)^2 \leq R_{max}^2\} \quad (2)$$

$\vec{e}$ 는 기울기 벡터를 나타낸다. 에지 이미지를 구하기 위한 연산은 Sobel 필터를 사용하였다.

$$\vec{e}(x,y) = \left[ \frac{E_x(x,y)}{|E|}, \frac{E_y(x,y)}{|E|} \right]^T \quad (3)$$

식 (1)에서  $\vec{O}$ 는 커널 벡터이다.

$$\vec{O}(x,y) = \left[ \frac{\cos(\tan^{-1}(y/x))}{\sqrt{x^2+y^2}}, \frac{\sin(\tan^{-1}(y/x))}{\sqrt{x^2+y^2}} \right]^T \quad (4)$$

그림 3은 축구공 검출에 사용되는 커널 벡터를 나타낸다. 에지의 강도에 관계없이 등근 물체를 찾기 위해서는 위와 같이 에지 기울기 벡터를 이용한다. 그림 3의 마스크 영상을 모든 화소에 적용하면  $[-1, 1]$  범위의 값으로 표현되고 가장 높은 값을 갖는 위치를 축구공으로 판단한다.

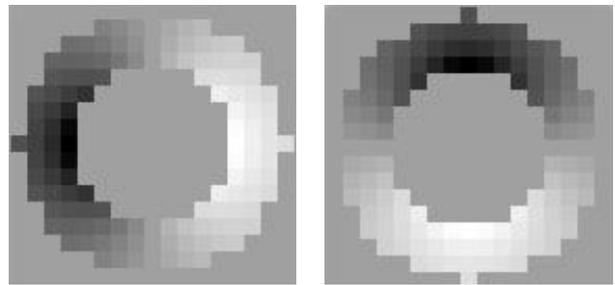


그림 3. 축구공 검출을 위한 커널 벡터  
Fig. 3. The masks that implement the kernel vector

#### 2. 축구공 추적

축구공 추적은 이전 프레임에서 축구공을 찾은 경우 축구공의 템플릿, 위치, 속도 정보를 이용하여 수행된다.  $t$  프레임에서의 축구공의 위치  $x(t)$ 는 이전 프레임의 축구공의 위치들의 선형함수로 구해진다.

$$x(t) = x(t-1) + (x(t-1) - x(t-2)) \quad (5)$$

예측된 위치에서 축구공의 속도를 고려하여 축구공 탐색 범위를 정한다. 즉, 축구공의 속도가 빠른 경우 넓은 범위를, 축구공의 속도가 느린 경우는 좁은 범위를 정하게 된다. 탐색 범위 내에서 이전 프레임에서 구해진 축구공의 템플릿을 이용하여 가장 작은 MAE를 갖는 물체를 찾는다. 가장 작은 MAE를 갖는 물체를 추적하게 되면 축구공이 가려

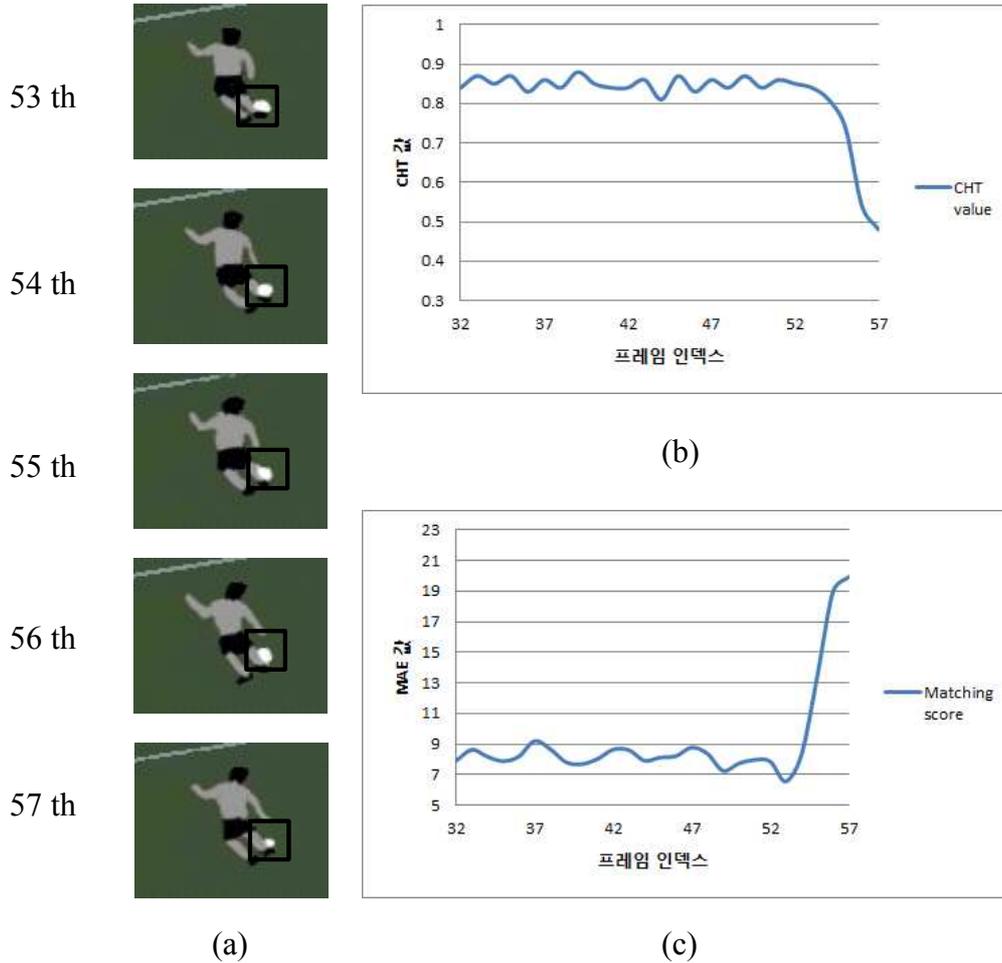


그림 4 . 축구공 추적 중 발생하는 가려짐 (a) 축구 영상, (b) 프레임 별 축구공의 CHT 값, (c) 프레임 별 매칭 스코어  
 Fig. 4. Occlusion during ball tracking (a) Soccer video, (b) CHT value of the ball, (c) Matching score

지는 상황에서 축구공이 아닌 다른 물체를 추적하게 되기 때문에, 축구공 추적 결과를 이용하여 축구공의 가려짐을 판단해야 한다. 축구공이 가려지지 않고 움직이는 경우에는 매칭 점수인 MAE가 작고, 축구공이 둥근 형태를 유지하고 있기 때문에 축구공의 CHT 값이 큰 값을 가진다. 하지만 축구공이 가려지는 경우 MAE값이 급격히 커지거나 축구공이 둥근 형태를 유지하지 못하여 CHT 값이 작게 나타난다. 그림 4는 축구공이 사람의 발에 가려진 경우 표시된 영역에서의 MAE값과 CHT값의 변화를 나타낸 그래프이다.

이러한 결과를 이용하여 CHT가 임계치보다 작거나 템플

릿 매칭 MAE가 큰 경우에는 가려짐 상황으로 판단한다. 그렇지 않은 경우에는 계속해서 축구공 추적 알고리즘을 수행한다. CHT 임계치는 움직이는 경우 둥근 형태를 유지하지 못하는 상황을 고려하여 0.5로 설정하였으며, MAE 임계치는 15로 설정하였다. 초기 축구공 검출에 실패한 경우 잘못된 물체를 축구공으로 인식하여 추적할 가능성이 있다. 축구공이 둥근 형태를 잘 유지하고 있는 경우, CHT 값은 0.8이상의 높은 값을 갖는다. 이러한 분석을 바탕으로 추적 중에 CHT값이 0.8이상을 가지며 주변에 다른 객체가 없이 존재하는 경우 축구공으로 판단하여 해당 축구공을 추적하도록 하였다.

### 3. 가려짐 처리

축구공 추적 중 가려짐 판단 결과가 나온 경우 축구공 추적을 중단하고 가려짐 처리 알고리즘을 수행한다. 선수들 사이에 축구공이 가려진 경우 축구공 추적이 불가능해진다. 이런 경우 둥근 축구공이 선수들 사이에 가려져 있다가 갑자기 나타난다. 여러 선수 사이에서 볼 경합을 할 경우 새로 나타나는 위치와 처음 가려진 위치가 달라질 수 있기 때문에 탐색범위를 크게 넓힌다. 먼저 탐색 범위 내에 CHT를 적용하여 CHT 값이 0.8 이상을 갖는 둥근 물체들을 축구공 후보로 판단한다. 사람의 머리, 발, 어깨 등 둥글게 나타나는 물체가 축구공 후보로 나타난다. 현재 프레임은 축구공이 가려져 있기 때문에 현재 나타난 축구공 후보들(사람의 머리, 발, 어깨 등)은 이전 프레임에 존재한다. 각 후보들을 이전 프레임에 매칭을 시켜 이전에 존재하는 축구공

후보들은 축구공이 아니기 때문에 제거하고 제거되지 않는 축구공 후보의 경우 새롭게 나타난 둥근 물체이며 이를 축구공으로 판단한다. 그림 5는 가려짐 처리 과정을 나타낸 그림이다. 큰 네모는 탐색 영역을, 작은 네모는 공의 위치를 나타낸다. 그림 5(a) 프레임에서 매칭 스코어가 급격히 커지고 CHT 값이 작아져 가려짐 상황으로 판단하고, 그 다음 프레임부터는 탐색범위를 확장하여 범위 내에 CHT값이 큰 물체를 찾는다. 이러한 물체들을 이전 프레임에 매칭을 시켜 이전 프레임에 존재하는 물체는 축구공이 아닌 것으로 판단한다 (동그라미 표시 영역). 축구공은 이전 프레임에서 가려져 있는 상황이기 때문이다. 이전에 존재하는 둥근 물체들은 제거해주고 그림 5(d) 프레임처럼 새롭게 나타나는 물체가 발생하면 해당 물체를 축구공으로 판단한다.

또한 가려져 있는 상황에서 다시 나타나는 축구공의 경우 빠르게 움직이는 경우가 많고 선수 몸에 맞고 축구공이

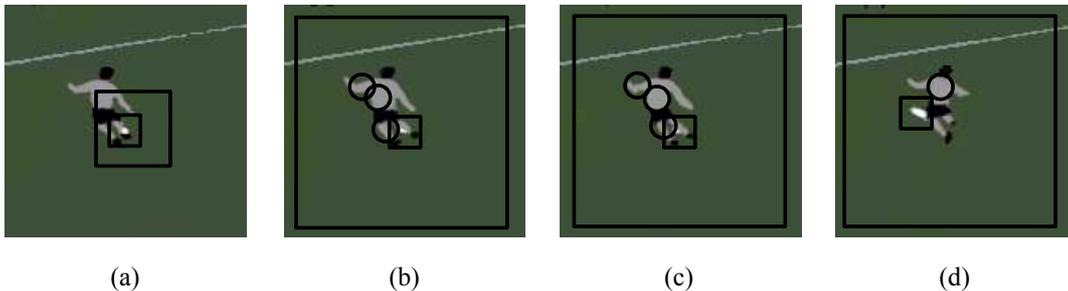


그림 5 . 가려짐 처리 과정 (a) 축구공이 가려짐 발생, (b) 탐색 영역을 확장, (c) 이전 프레임에 존재하는 둥근 물체는 축구공이 아닌 것으로 판단, (d) 새롭게 나타난 둥근 물체를 축구공으로 판단

Fig. 5. Occlusion handling (a) Occlusion occurred, (b) Expand the search range, (c) The ball candidates which exist in the previous frame were removed, (d) New appearing candidate is determined as the ball

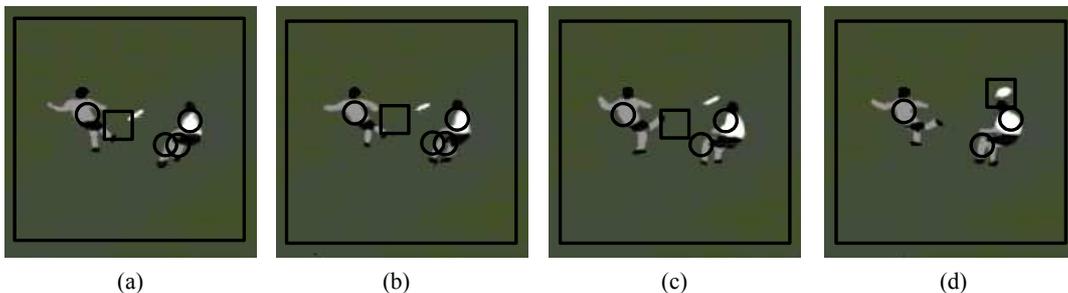


그림 6 . 빠르게 움직이는 물체를 찾아 축구공으로 판단 (a) 축구공이 급격히 빠르게 움직임, (b) 축구공 추적 실패, (c) 축구공 추적 실패, (d) 움직임 벡터를 이용하여 빠르게 움직이는 둥근 물체를 축구공으로 판단

Fig. 6. Determine as a ball which moves fast (a) Ball moves fast, (b) failure of ball tracking, (c) failure of ball tracking, (d) Fast moving circular object is determined as the ball

급격하게 빠르게 움직여 축구공 추적에 실패하는 경우가 있다. 축구 영상에서 이러한 경우 축구공이 가장 빠르게 움직일 확률이 높기 때문에 CHT 값이 큰 축구공 후보들의 움직임 벡터를 조사하여 움직임 벡터 값이 큰 물체를 축구공으로 판단한다. 그림 6은 축구공이 빠르게 움직여 축구공의 모양이 그림 6(a)와 같이 급격히 변하여 추적에 실패한 경우이다. 그림 6(d)에서 여러 축구공 후보들의 움직임 벡터를 조사하여 임계치보다 큰 후보를 축구공으로 판단한다. 움직임 벡터는 MAE를 이용하여 구하였다.

#### IV. 결과

제안된 방법의 성능을 검증하기 위해 실제 SD급 방송 축구 경기 7개의 영상 300프레임에 적용하였다. 그림 4-7은 실제 축구 영상의 실험한 결과를 간략하게 그림으로 나타낸 결과이다. 가려짐 상황과 축구공이 빠르게 움직이는 상황을 다수 포함한 영상들이다. 표 1은 제안된 방법을 적용한 축구공 추적 정확도 결과를 보여준다. 평균적으로 91.52%의 높은 정확도를 나타내고 있으며 급격한 축구공의 움직임이 없는 영상 6에서는 100%의 정확도를 보인다. 영상 1은 그림 5의 가려짐 상황을 포함하는 영상임에도 불구하고 높은 정확도를 보이며, 영상 2는 그림 6의 빠른 움직임으로 인해 축구공을 찾기 어려운 상황을 포함하고 있으나 빠른 움직임 물체를 찾는 과정에서 축구공을 성공적으로 찾는 것을 볼 수 있다.

표 1. 축구공 추적 정확도  
 Table 1. Accuracy of the ball tracking

	Accuracy
영상 1	99.33
영상 2	98.33
영상 3	86.67
영상 4	86.67
영상 5	76.00
영상 6	100.00
영상 7	93.67
평균	91.52

그림 7은 영상 3에서 축구공을 추적하는 과정에서 그림 7(c)에서와 같이 흰색 유니폼을 입은 선수에 축구공이 가려져 있다가 다시 나타나는 상황이다. 그림 7(d)는 그림 7(c)로부터 10프레임이후의 영상으로 가려짐 처리 과정을 거쳐 축구공을 성공적으로 찾은 결과이다.

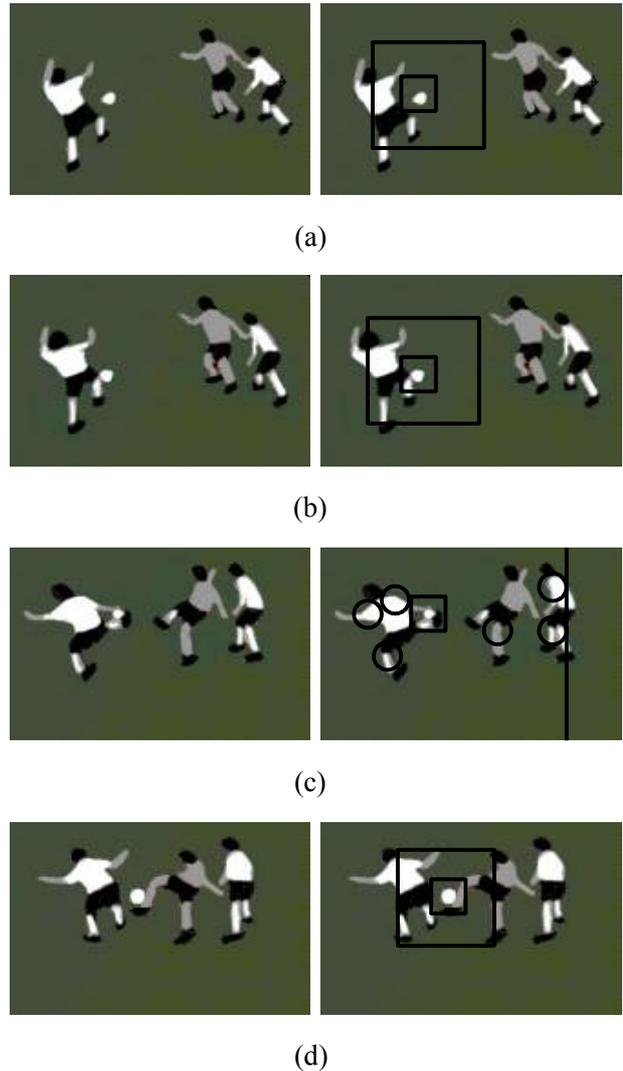


그림 7. 영상 3에서의 가려짐 처리 결과 (a) 공 추적 중, (b) 공 추적 성공, (c) 공 가려짐 발생, (d) 공 추적 성공  
 Fig. 7. Occlusion handling result in video sequence 3 (a) Ball tracking, (b) Ball tracking success, (c) Ball occlusion case, (d) Accurate ball tracking

영상 5에서는 축구공의 빠른 움직임으로 인해 탐색 범위 내에서 축구공이 등근 형태를 유지하고 있지 못하여 축구공 검출에 실패하여 정확도가 다소 떨어지는 결과를 나타냈다. 그림 8은 검출된 축구공의 경로를 나타낸다. 중간에 끊어진 경우는 축구공이 가려져 있는 경우이며, 그림 8(e)는 축구공의 빠른 움직임으로 인해 중간에 축구공을 놓친 경우이다. 영상 6은 카메라의 Zoom-in과 Zoom-out을 포함하는 영상이다. Zoom-in과 Zoom-out시 이전 프레임과 현재 프레임의 축구공 크기가 달라 MAE값이 커지는 경향이 있으나, 급격한 Zoom-in과 Zoom-out이 발생하지 않는 경우에는 30분의 1초 사이에 공의 크기가 급격하게 변하지 않아 추적에 성공하였다.

대부분의 기존 방식들은 모든 프레임에서 축구공 후보들을 생성하고 최적의 경로를 찾는 방식을 사용한다. 본 논문

에서는 이전 프레임의 축구공 템플릿을 이용하여 실시간으로 추적하고 가려짐 상황을 자동으로 판단하여 가려짐 상황이후에도 공을 추적할 수 있다. 방송용 축구 영상에 적용하여 제안된 알고리즘이 90%이상의 높은 인식률을 보였으며, 가려짐 상황에서도 강인하게 동작함을 보였다.

## V. 결론

축구공은 작은 사이즈와 빠른 움직임, 가려짐 등으로 인해 검출이 어렵다. 축구공의 형태를 등글게 유지하고 움직임이 작은 경우에는 기존의 방법으로 검출이 가능하지만 움직임이 빠르거나 가려짐이 발생한 경우에는 실패하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 축구공 추

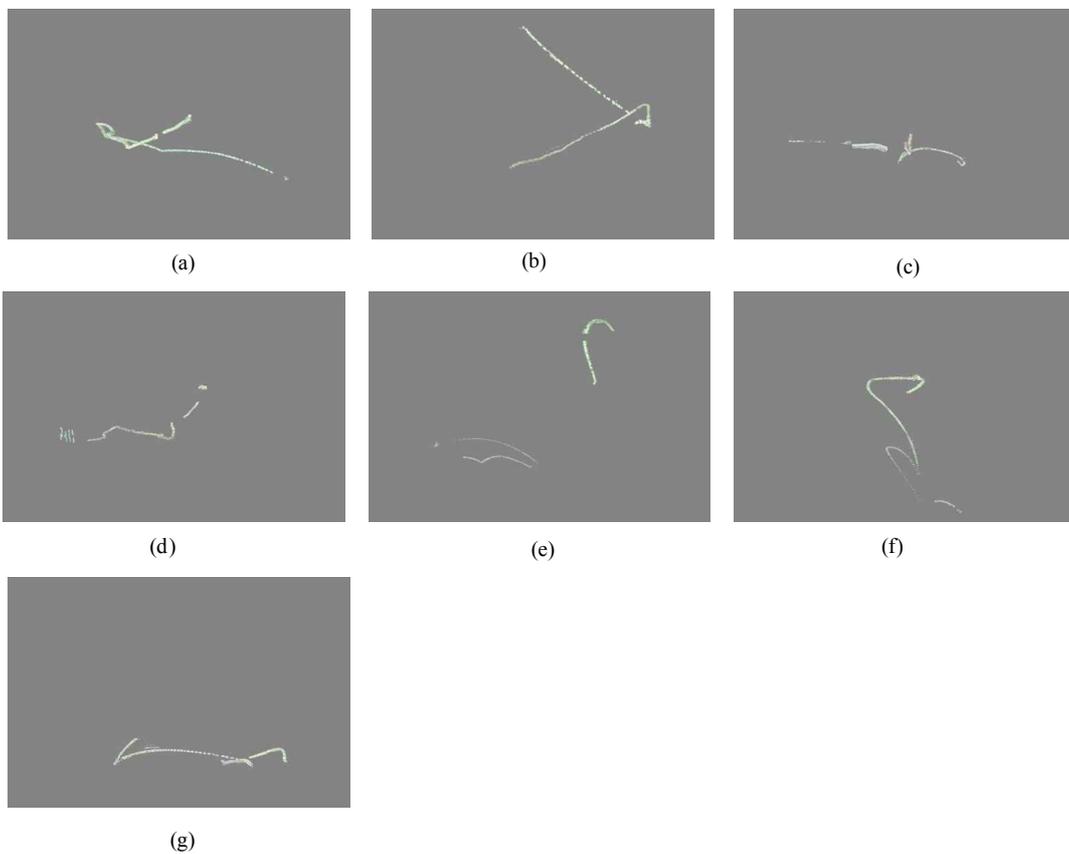


그림 8. 검출된 축구공의 경로, (a) 영상 1, (b) 영상 2, (c) 영상 3, (d) 영상 4, (e) 영상 5, (f) 영상 6, (g) 영상 7

Fig. 8. Ball trajectory, (a) Sequence 1, (b) Sequence 2, (c) Sequence 3, (d) Sequence 4, (e) Sequence 5, (f) Sequence 6, (g) Sequence 7

적 과정에서 매칭 스코어와 CHT 값의 변화를 이용하여 가려짐 상황을 판단하고, 가려짐 처리 알고리즘을 수행하여 가려짐 상황에서도 안정적으로 축구공을 추적하는 방법을 제안하였다. 방송용 축구 영상을 이용하여 성능을 테스트한 결과 90%이상의 높은 인식률을 나타냈으며 가려짐 상황을 효율적으로 해결하는 것을 확인하였다.

### 참 고 문 헌

[1] H. Kim and D. Shin, "Soccer Video Highlight Summarization for Intelligent PVR," Conference on The Korean Society of Broadcast Engineers 2009, pp. 209-212, Nov. 2009.

[2] J. Y, Y. Lee and K. Kim, "Object Tracking using Color Information in soccer game video and Ball Occupation rate analysis," Conference on Korean Institute of Information Scientists and Engineers 2008, Vol. 35, No. 2, pp. 452-456, Oct. 2008.

[3] T. D'Orazio, M. Leo, P. Spagnolo, M. Nitti, N. Mosca and A. Distanto, "A visual system for real time detection of goal events during soccer matches," Computer Vision and Image Understanding, Vol. 113, No. 5, pp. 622 - 632, May 2009.

[4] J. Ren, J. Orwell, G. Jones and M. Xu, "Real-time modeling of 3-d soccer ball trajectories from multiple fixed cameras," IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 18, No. 3, pp. 350 - 362, March 2008.

[5] X. Yu, H.W. Leong, C. Xu and Q. Tian, "Trajectory-based ball detection and tracking in broadcast soccer video," IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 8, No. 6, pp. 1164 - 1178, Dec. 2006.

[6] Y. Liu, D. Liang, Q. Huang and W. Gao, "Extracting 3D information from broadcast soccer video," Image and Vision Computing, Vol. 24, No. 10, pp. 1146 - 1162, Oct. 2006.

[7] T. Shimawaki, T. Sakiyama, J. Miura and Y. Shirai, "Estimation of ball route under overlapping with players and lines in soccer video image sequence," International Conference on Pattern Recognition ICPR, pp. 359 - 362, Hong Kong, Aug. 2006.

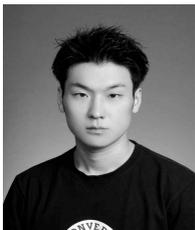
[8] K. Choi and Y. Seo, "Tracking soccer ball in TV broadcast video," Image Analysis and Processing (ICIAP), pp. 661 - 668, Cagliari, Italy, Sep. 2005.

[9] V. Pallavi, J. Mukherjee, A.K. Majumdar and S. Sural, "Ball detection from broadcast soccer videos using static and dynamic features," Journal Visual Communication and Image Representation, Vol. 19, No. 7, pp. 426 - 436, Oct. 2008.

[10] T. Misu, A. Matsui, M. Naemura, M. Fujii and N. Yagi, "Distributed particle filtering for multiocular soccer ball tracking," IEEE International Conference on Acoustic, Speech and Signal Processing, pp. 937 - 940, Hawaii, USA, April 2007.

[11] T. D'Orazio, M. Leo, A. Distanto and C. Guaragnella, "New algorithm for ball recognition using circle hough transform and neural classifier," Pattern Recognition, Vol. 37, No. 3, pp. 393 - 408, March 2004.

### 저 자 소 개



이 권

- 2006년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (학사)
- 2008년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (석사)
- 2008년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
- 주관심분야 : 영상 신호처리/압축, 이미지 및 비디오 화질평가, 패턴인식



이 철 희

- 1984년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업 (학사)
- 1986년 2월 : 서울대학교 전자공학화 졸업 (석사)
- 1986년 ~ 1987년 : Technical University of Denmark (DTH), Denmark
- 1992년 12월 : Purdue University Electrical Engineering Ph.D
- 1993년 ~ 1996년 : National Institutes of Health(NIH), Maryland USA
- 1996년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 교수
- 주관심분야 : 영상 신호처리, 비디오 화질평가, 패턴인식 및 Machine Vision