

통계적 임계값을 이용한 축구경기의 하이라이트 장면 검출

한지석^o 박기태 이종철* 이석필* 문영식
한양대학교 컴퓨터공학과, 전자부품연구원*

{jshan^o, parkkt, ysmoon}@cse.hanyang.ac.kr {leejs, lspbio}@keti.re.kr

Extraction of Highlight Scenes in Soccer Videos Using Statistical Threshold

Ji Seok Han^o Ki Tae Park Jong Sul Lee* Seok Pil Lee* Young Shik Moon

Dept. of Computer Science Engineering, Hanyang University, Korea Electronics Technology Institute*

요 약

동영상 자동 분석은 비디오 데이터의 내용 기반 색인과 검색을 위한 첫 단계이다. 본 논문에서는 정형적인 구조를 가진 뉴스와는 달리 비정형적인 특성을 가진 축구 동영상에서 사용자의 관심이 되는 하이라이트 장면의 영상 특징을 이용하여 그 구조를 분석하여 하이라이트 장면을 검출하는 방법을 제안한다. 이전 연구를 토대로 그라운드영역과 골대 유무에 따라 하이라이트 후보 장면을 찾는 과정에서 경기마다 달라지는 임계값에 영향을 받지 않는 알고리즘을 제안하였다. 실험결과 제안된 방법이 여러 종류의 축구 경기 하이라이트 분석에 있어서 그 성능이 우수함을 확인할 수 있었다.

1. 서 론

최근 컴퓨터의 발달과 멀티미디어의 관심으로 많은 양의 멀티미디어 정보가 쏟아져 나오고 있고, 이런 방대한 정보들의 색인문제가 대두되고 있다. 또한, 통신기술의 발달로 비디오와 음성을 동시에 제공하는 멀티미디어 서비스에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 질의어 검색기능을 제공하는 대화형 비디오 서비스를 들 수 있는데, 대화형 비디오 서비스의 대표적인 예로는 축구 동영상이 있다. 사용자는 축구 경기의 모든 부분에 관심을 두지 않고, 슛이나 골인 장면과 같은 하이라이트 장면에만 관심을 둘 수 있는데, 이런 사용자의 욕구를 만족시켜주는 것이 대화형 비디오 서비스이다. 이에 본 논문은 하이라이트 장면의 구조를 정형화하여 축구 경기 동영상을 분석하고 이를 중심으로 축구 경기 동영상에서 효율적으로 하이라이트를 추출 할 수 있는 방법을 연구하고자 한다.

2. 제안한 방법

본 논문에서는 축구 동영상에서 사람들의 관심 대상이 되는 슛 장면, 골인 장면 등을 하이라이트 장면이라고 정의한다. 그림 1을 보면 축구 동영상의 하이라이트 구간은 관심장면이 나온 후 연속되는 프레임에서 플레이어를 확대하는 것을 알 수 있다.



그림 1 하이라이트 장면 후 연속 프레임

축구 경기 동영상에서 주 카메라는 대개 좌우로 이동하며 전체적인 경기 흐름을 찍고, 보조 카메라들은 부분적인 경기 요소들을 찍는다. 그림 2는 주 카메라의 이동을 그림 3은 보조 카메라가 찍은 장면을 나타낸다.

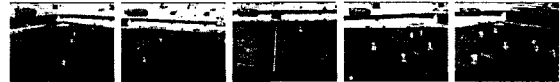


그림 2 축구경기에서 주 카메라의 이동



그림 3 보조 카메라에서 찍은 장면

하이라이트 구간은 골대 장면 후 연속적인 프레임에서 플레이어를 확대하므로 주 카메라와 보조 카메라에서 찍은 프레임의 연속이라고 볼 수 있다. 이런 하이라이트의 고유 특성을 이용하여 하이라이트의 구조를 분석하는 알고리즘을 제안한다. 그림 4는 전체적인 알고리즘 순서도이다.

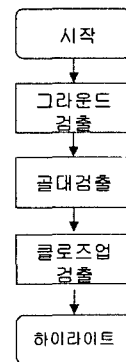


그림 4 전체적인 알고리즘 순서도

2.1. 그라운드 영역 검출

그라운드 영역을 검출하기 위해 색상, 채도, 명도로 구분되어 있는 HSI 컬러 모델을 사용한다. 이전 연구[1]에서는 고정된 임계값을 사용하였지만, 그림 5의 히스토그램에서 볼 수 있듯이 매 경기마다 그라운드 영역의 색상, 채도, 명도가 다르게 분포하기 때문에 적용적인 임계값을 사용할 필요가 있다. 그림 5의 히스토그램은 영상에서 관중석이 나오는 윗부분 15%를 제외한 아랫부분 85%의 픽셀들을 이용하여 만든 정규화된 히스토그램이다.

각 경기마다 히스토그램들의 분포는 다른 범위에 걸쳐져 있다. 특히, 그림 5의 (나) 영상은 다른 영상에 비해서 어둡고 잡음이 많아 화질이 안좋은 영상인데, 명도(Intensity) 히스토그램은 (가), (다)에 비해서 왼쪽으로 치우쳐 있고, 채도(saturation) 히스토그램은 오른쪽에 치우쳐 있다. 이런 경우, 고정된 임계값을 사용하면 [1] 그라운드 영역의 검출이 어렵다.

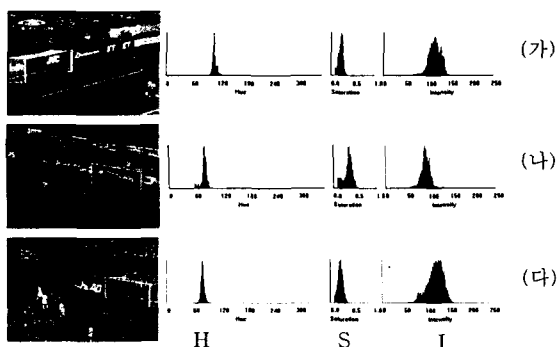


그림 5 다른 경기에서 그라운드 영역의 HSI 분포

히스토그램은 정규분포와 유사한 형태를 띠고 있으므로 임계값의 범위를 정하기 위해서 식(1)과 같이 평균과 표준편차를 이용하면 된다. 식(1)에서 평균에서 표준편차 보다 멀리 떨어져서 분포하는 픽셀들은 그라운드 영역안의 잡음이라고 간주하고 제외된다. 이 때 본 논문의 실험에서 $\alpha = 1.2$ 로 사용하였다.

$$\begin{aligned} \mu_H - \alpha \cdot \sigma_H &\leq Hue \leq \mu_H + \alpha \cdot \sigma_H \\ \mu_S - \alpha \cdot \sigma_S &\leq Saturation \leq \mu_S + \alpha \cdot \sigma_S \quad (1) \\ \mu_I - \alpha \cdot \sigma_I &\leq Intensity \leq \mu_I + \alpha \cdot \sigma_I \end{aligned}$$

식(1)을 적용한 결과는 그림 6과 같다. 그림 6의 (a)는 원 영상이고, (b)는 통계적 임계값을 이용한 방법이고, (c)는 고정된 임계값을 이용한 방법이다. (가),(다) 영상에서는 결과적으로 두 방법의 차이가 없지만 일반적인 영상보다 어둡고 화질이 안 좋은 (나) 영상의 경우, 통계적 임계값을 이용한 방법이 그라운드 영역을 훨씬 잘 검출하고 있다.

2.2. 골대 검출

황분우[2]의 골대 검출 방법은 축구 동영상의 매 프레임마다 골대를 찾고, 프레임의 전 영역에서 투영을 하므로 효율이 떨어진다. 본 논문에서는 이런 점을 보완하기 위하여 골대가 나타날 확률이 높은 후보영상에서만 골대를 찾는다.

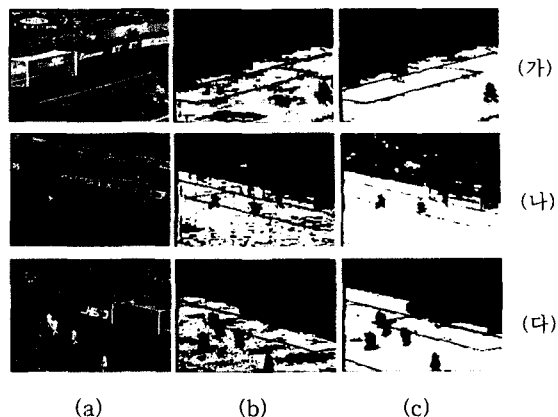


그림 6 (a) 원 영상 (b) 통계적 임계값을 이용한 그라운드 영역 검출 (c) 고정된 임계값을 이용한 그라운드 영역 검출

그림 6을 통해 골대 장면은 그라운드와 비그라운드 영역의 경계선의 기술기가 일정한 범위 안에 있는 것을 알 수 있다. 그라운드와 비그라운드의 경계를 이루는 직선을 찾기 위해 픽셀들간의 연결성을 이용하는 우성형[3]의 방법은 그림 7의 (b)와 같이 연결성이 없는 픽셀들로 이루어진 직선은 찾을 수 없다. 이러한 점을 보완하기 위해 본 논문에서는 최소제곱 방법을 이용한다.



(a) 골대 장면 (b) 연결성이 없는 픽셀들
그림 7 연결성으로 경계선을 찾기 힘든 경우

우리가 구하고자 하는 직선의 방정식을 함수 f 라 할 때, 식(2)의 값이 최소가 되는 즉, 에러가 최소인 함수 f 를 구하면 된다. 식(2)를 이용하면 그림 7의 (b)영상에서 경계부분의 픽셀들이 이루는 직선의 방정식을 구할 수 있다. 그림 8은 최소제곱방법을 이용하여 구한 경계선을 나타낸다.

$$\sum_{k=1}^n (f(x_k) - y_k)^2 \quad (2)$$



그림 8 최소제곱 방법을 이용해서 찾은 경계선

최소제곱 방법으로 경계선을 구한 후, 기울기와 y 절편이 식(3)의 조건을 만족하면 골대 검출을 위한 후보영상으로 놓는다.

$$\begin{aligned} 0.14 \leq |기울기| &\leq 0.5 \\ y절편 &\geq \frac{3}{8} \times height \end{aligned} \quad (3)$$

후보영상에서 골대는 경계선상에 있으므로 경계선의 주변 영역에 있는 골대 색에 해당하는 픽셀들만 투영한다. 이 때, 그라운드 영역 검출 단계와 마찬가지로 통계적 임계값을 이용하여 골대 색을 가진 픽셀들을 검출한다.

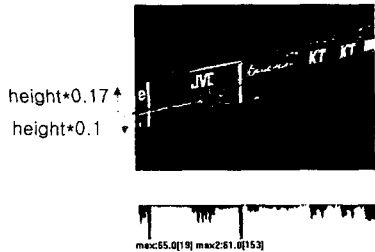
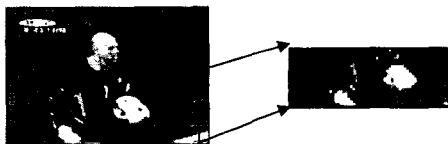


그림 9 x축으로 투영한 히스토그램

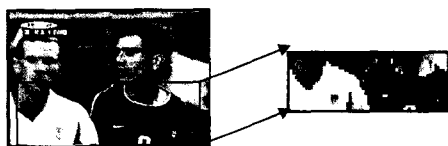
히스토그램을 구하기 위해 경계선의 위로 영상 높이의 0.17배, 아래로 영상 높이의 0.1배에 해당하는 주변영역을 y축으로 투영한다. 두드러지는 피크의 높이와 피크간의 거리가 임계값을 만족하면 골대라고 판단한다[2].

2.3. 선수 클로즈업 유무 판단

선수를 확대하는 장면을 검출하기 위해 이전 연구에서 사용했던 CCV(Color Coherence Vectors)를 이용한다[1][4]. 선수가 확대된 영상은 그림 10처럼 두 가지 경우로 나타난다. 그림 10의 (a)는 배경이 그라운드인 경우이고, 그림 10의 (b)는 배경이 비그라운드인 경우이다. 선수는 중앙에 위치하고 유니폼은 영상의 아래 부분에 위치한다는 것을 이용하여 그림 10에 나타난 영역에서만 CCV를 구한다. CCV를 구하기 위해서 그림 11 처럼 그라운드 영역을 흰색, 비그라운드 영역을 검은색으로 하는 이진영상으로 바꾸고, connected component들에 대한 레이블링을 한다. 레이블링 결과 검은색에 해당하는 부분의 coherent vector가 임계값을 넘으면 선수가 확대된 영상으로 판단한다.

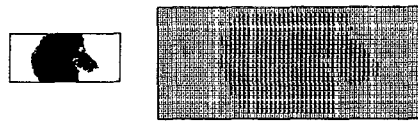


(a)그라운드 배경

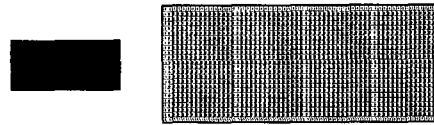


(b)비 그라운드 배경

그림 10 선수의 확대 장면



(a) 그림 10 (a)의 이진영상



(b) 그림 10의 (b)의 이진영상

그림 11 Connected Component 레이블링

3. 실험결과

제안된 방법으로 하이라이트 구조를 분석하기 위해 2002 한일 월드컵 축구 경기와 한국과 잉글랜드의 평가전을 사용하였다. 실험결과는 표1에 나타내었다.

표 1 제안한 하이라이트 분석 알고리즘의 실험 결과

경기	total (A)	detection		miss (D)	Precision B/(B+C) (%)	Recall B/A (%)
		true (B)	false (C)			
프랑스vs세네갈	42	38	3	4	92.7	90.5
미국vs포르투갈	31	28	3	3	90.3	90.3
한국vs잉글랜드	21	15	0	6	100	71.4
미국vs멕시코	21	18	0	2	100	85.7

4. 결론 및 향후과제

본 논문은 기존의 연구에서 나타난 단점을 보완하면서 축구 동영상에서 하이라이트를 검출하여 축구 동영상을 분석하는 기법을 제시하였다. 제안한 방법은 실험 결과 우수한 성능을 보이지만 골대 장면 이후 선수가 확대되지만 슛이나 골인 장면은 아닌 장면들에 대해 오검출되는 경우가 있다. 앞으로는 이런 문제점을 해결하는 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 한지석, 이종설, 조위덕, 문영식, "축구 동영상에서 하이라이트 장면 검출", *신호처리 합동 학술대회 논문집 제15권 1호*, pp.44, 2002년.
- [2] 황분우, 방건, 이미숙, 이성환, "축구 경기 비디오 분석을 위한 하이라이트 자동 추출 방법", *한국정보과학회 가을 학술발표회 논문집 제24권 2호*, pp.347-350, 1997년.
- [3] 우성형, 전승철, 박성한, "축구경기 동영상에서의 효율적인 골 영역 검출 방법", *대한전자공학회 추계 종합 학술 대회 논문집 제 23권 제2호*, pp.81-84, 2000년.
- [4] G. Pass, R. Zabih, and J. Miller, "Comparing Image using Color Coherence Vectors", *4-th ACM Conf. on Multimedia*, November 1996.