

방송용 축구 경기 비디오의 자동 색인 및 분석 기술

최송하, 이성환

고려대학교 컴퓨터학과/인공시각연구센터
E-mail:{shchoi, swlee}@image.korea.ac.kr

An Automatic Indexing and Analysis Technique for Soccer Game Video for Broadcasting

Song-Ha Choi and Seong-Whan Lee

Dept. of Computer Science and Engineering/Center for Artificial Vision Research,
Korea University

요 약

스포츠 비디오는 역동적인 특성과 비정형적인 구조를 가지고 있으므로 뉴스와 같은 정형적인 비디오와는 달리 분석이 쉽지 않다. 본 논문에서는 이러한 어려움을 극복하기 위하여 축구 경기에서 하이라이트를 추출하여 색인하고 이에 대하여 선수 위치 추적, 파노라마 영상 구성, 경기장 모델 상에서의 선수 이동 궤적 도시 등을 수행하는 방법을 제안한다. 이를 위하여 제한된 색상의 HSV 영상을 구성하여 골대와 선수 위치를 추적하고, 움직임 벡터를 추출하여 카메라 동작을 분석하였으며 경기장 모델 구성을 위해 경기장 내의 특징점을 추출하여 투영 변환을 수행하였다. 실험 결과를 통해서 제안된 방법이 축구 경기 비디오 분석에 효율적으로 이용될 수 있음을 확인할 수 있다.

1. 서론

최근 멀티미디어 서비스에 대한 관심이 높아지면서 동영상 서비스에 대한 수요가 증가하고 있다. 이에 따라 단순히 동영상을 순차적으로 제공하는 기존의 서비스보다 발전된 형태로, 분석된 내용을 제공하는 비디오 서비스가 요구되고 있다.

MIT Media Lab에서는 “Computers Watching Football”이라는 프로젝트를 통해서 미식 축구 경기를 자동 분석하는 시스템을 개발하였고[1], Princeton 대학의 Yow는 모자이크 기법을 이용해 하이라이트에 대한 파노라마 영상을 만드는 방법을 고안하였다[2]. 독일은 VITRA(Visual Translator)라는 장기간의 프로젝트에서 축구 경기를 분석하여 언어 정보로 나타내는 시스템을 개발중에 있다. 또한, 일본의 Hasegawa 대학에서는 여러 대의 고정된 카메라를 사용하여 팀웍을 분석하는 시스템을 구축하였다[3].

국내에서는 포항공대에서 선수를 추적하고 특징점을 추출하여 모자이크 영상과 경기장 모델을 구성하는 연구를 수행하였다[4].

축구 경기 자동 분석 시스템들은 기본적으로 영상 처리 기술과 영상 분석 기법을 사용하여 입력된 영상을 분석하여 사용자가 원하는 정보를 만들어 내는데 의의가 있다. 사용자가 원하는 정보는 주로 슛트 장면이나 골인 장면이고 이 때 선수들의 진출척 움직임들과 볼의 방향 등이 주된 관심 대상이 된다[5].

본 논문에서는 축구 비디오라는 제한된 환경에서 시청자의 관심의 대상이 되는 선수 이동 궤적 및 경기장 내에서의 위치 등의 정보를 추출하는 것을 목표로 한다. 이를 위해

입력 영상에서 제한된 색상의 HSV 영상을 구성하여 골대와 선수, 배경을 분리하고, 블록 정합 방법으로 움직임 벡터를 구하며 정적 방법과 동적 방법으로 선수를 추적한다. 제안된 색인 기술로 하이라이트를 추출하고 이에 해당되는 대표 프레임으로 색인 정보를 삼았으며 각각의 하이라이트를 분석해 선수 추적, 파노라마 영상 구성, 경기장 모델 구성 등을 행한다. 실험을 통해 얻은 결과 영상으로 본 방법이 만족한 결과를 생성함을 알 수 있다. 그림 1은 시스템의 데이터 흐름을 보인다

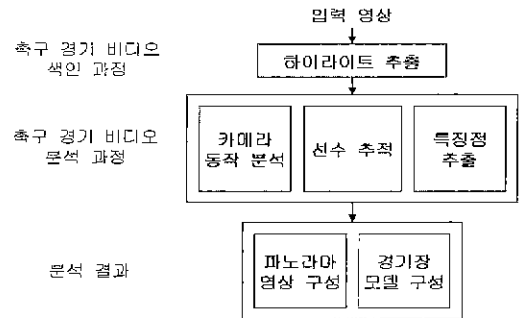


그림 1. 전체 흐름도

2. 축구 경기 비디오 색인 기술

하이라이트는 특징과 관련 있는 주요 장면이다. 하이라이트는 대표 프레임으로 표현되어 색인 정보로 사용되며

이를 중심으로 비디오 분석이 행해진다. 휘도성분에 관계 없이 선수와 골대 및 배경을 쉽게 분리하기 위해서 HSV 색상 모델을 이용해 10가지로 제한된 색상을 갖는 영상을 구성한다(그림 2-b).

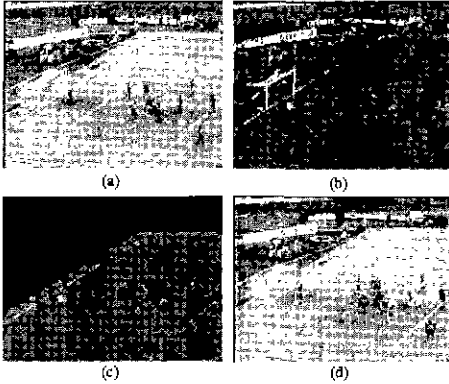


그림 2. 하이라이트 영상 처리 과정 (a: 원 영상, b: 제한된 색상의 HSV 영상, c: 배경이 제거된 영상, d: 선수의 위치가 검출된 영상)

제한된 색상의 영상을 구성하고 골대의 색상에 대해 X축 투영을 하게 되면 골대의 위치를 검출할 수 있다. 여기서 골대를 포함한 영상을 골대 프레임이라고 하며, 골대 프레임이 되기 위한 조건식은 다음과 같다[5].

$$\begin{aligned} \text{기둥의 높이} : H > T_H \\ \text{기둥간의 거리} : T_{DH} > D > T_{DL} \end{aligned}$$

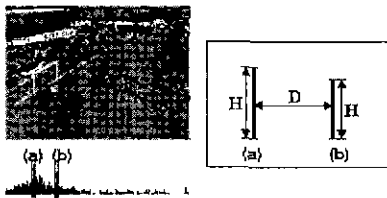


그림 3. 골대 위치를 구하기 위한 X축 투영

3. 축구 경기 비디오 분석 기술

3.1 카메라 동작 분석

카메라 동작은 수평회회(panning)와 상하회회(tilting)만을 검출한다. 카메라 동작을 분석하기 위해서는 움직임 벡터를 추출하게 된다. 본 연구에서는 블럭 정합 방법으로 움직임 벡터를 추출하였으며 이 때 움직임 벡터를 구하는 블럭을 한 개로 하여 잡영에도 견고하게 동작할 수 있도록 했다. 이렇게 구해진 움직임 벡터는 선수 추적과 파노라마 영상 구성에 사용된다.

3.2 선수 추적

선수들의 위치를 정확하게 추출해 내기 위해서는 경기장 주위의 배경을 제거해야 한다. 배경을 제거하기 위해 영상의 각 변에서 수직 방향으로 스캔하여 잔디색을 만날 때까지 모든 화소를 배경색으로 바꾼다. 이 때 배경에 잔디색에 해당하는 잡영이 존재할 수 있으므로 RLSA(Run Length Smoothing Algorithm)를 이용하여 잡영을 제거한다(그림 2-c).

배경을 제거한 후에 선수의 초기 위치를 구한다. 선수의 위치는 유니폼 색상에 해당하는 화소가 임계값 이상의 밀도를 갖는 영역으로 결정한다. 이 때의 영상이 제한된 색상으로 군집화되므로 화소가 유니폼과 같은 색상인지를 알아보면 된다. 화소의 밀도에 대한 식은 다음과 같다.

$$D = \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{m-1} p(x, y) \quad (1)$$

$$p(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } color(x, y) = color_{uniform} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

선수 추적은 동적인 방법과 정적인 방법으로 나누어 구현하였으며 이 중, 동적인 방법은 초기 선수 위치에서 움직임 예측으로 다음 위치를 결정하는 방법이고 정적인 방법은 각각의 프레임에서 선수의 위치를 결정한 뒤 연관도에 따라 각각의 위치를 연결하는 방법이다.

• 동적 선수 추적

동적인 선수 추적에서는 행판 정합 기법을 이용해 다음 선수의 위치를 찾는다. 행판은 항상 최근에 정합된 영상으로 대체된다. 최적의 정합 위치는 다음 식에 의해 결정된다 (f: 영상, g: 행판)

$$\min_{\{i,j\} \in g} (|R_f(i, j) - R_g(i, j)| + |G_f(i, j) - G_g(i, j)| + |B_f(i, j) - B_g(i, j)|) \quad (3)$$

다음 선수의 위치를 예측하는 방법은 직선 정합(line fitting) 방법이다. 다음 위치를 예측할 때 가장 큰 영향을 미치는 것은 카메라 움직임이다. 카메라의 움직임을 고려할 때, 다음 선수의 위치는 다음과 같이 표현된다. v_x 와 v_y 는 카메라 움직임 벡터이다.

$$x_n = x_{n-1} + v_{x_n} \quad (4)$$

$$y_n = y_{n-1} + v_{y_n} \quad (5)$$

이 방법은 속도가 빠르지만 한 번 추적에 실패하면 추적을 계속할 수 없으며 카메라의 이동이 급격하면 실패할 확률이 높다.

• 정적 선수 추적

프레임마다 얻어진 선수 위치에서 유클리드 거리가 최소인 위치를 연결하여 이동 궤적을 구한다. 이 때 선수의 이동 거리가 임계치보다 큰 경우는 이동 궤적으로 인정하지 않는다. 선수의 이동 거리를 구하는 식은 다음과 같다.

$$\min_{\{i,j\} \in g} (\sqrt{(i_f - i_g)^2 + (j_f - j_g)^2}) \quad (6)$$

이 방법은 속도는 느리지만 추적에 실패해도 계속 추적이 가능하며 빠른 카메라 움직임에도 견고하게 동작한다.

3.3 경기장 모델 구성

선수가 움직인 궤적을 직사각형 형태의 경기장 모델로 매핑시키기 위해서는 변환이 필요하다. 여기에 사용되는 변환은 투영 변환(perspective transformation)으로 네 점을 입력으로 받아 사변형을 정사각형으로 매핑한다. 다음은 투영 변환식으로, u, v 는 입력 좌표이고, a 는 투영 변환의 계수이다.

$$x = \frac{a_{11}u + a_{21}v + a_{31}}{a_{13}u + a_{23}v + a_{33}}, \quad y = \frac{a_{12}u + a_{22}v + a_{32}}{a_{13}u + a_{23}v + a_{33}} \quad (7)$$

투영 변환의 네 점 입력을 위해서는 경기장의 특징점을 구해야 한다. 필요한 특징점은 사다리꼴 형태의 경기장의 네 귀에 해당하는 점으로, 골대 프레임에서 경기장의 한 변의 중점에 해당하는 골대의 중점 부분과 한 모서리 부분의 좌표를 구하여 나머지 세 모서리의 좌표를 예측하게 된다

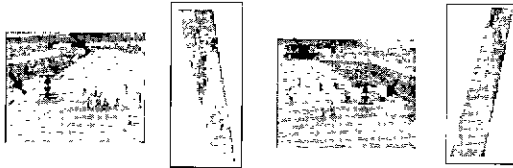


그림 4 특징점 추출 및 투영 변환된 영상
 왼쪽에 골대가 있는 경우 오른쪽에 골대가 있는 경우

4. 실험 결과 및 분석

4.1 실험 환경

본 논문에서 제안한 축구 경기 자동 분석 시스템은 Pentium 166MHz PC를 사용하여 구현하였다. 실험에 사용된 비디오 데이터는 TV 방송용 비디오를 초당 15 프레임과 320x240(화소) 크기로 샘플링하여 얻었다.

4.2 결과 영상

그림 6, 7은 제안된 방법을 사용하여 축구 비디오로부터 추출한 하이라이트에 대하여 얻어진 선수들의 위치 추적 과정을 나타내며 그림 8, 9는 움직임 벡터를 이용하여 구성된 파노라마 영상, 그리고 투영 변환으로 구성된 경기장 모델을 보여주고 있다.

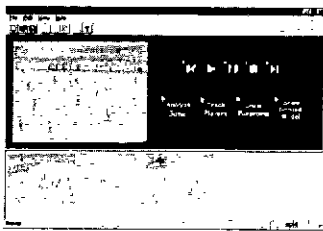


그림 5. 추출된 하이라이트

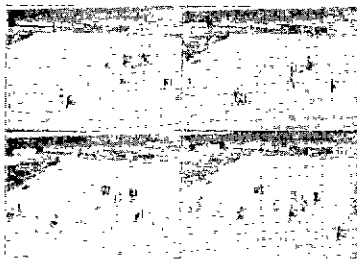


그림 6. 선수 추적 장면

4.3 실험 분석 및 향후 연구 방향

하이라이트 추출 부분에서는 골대 프레임을 검출하여 일정 부분의 전후 장면을 하이라이트로 삼는다. 하이라이트는 색인 정보로 사용되며 이를 중심으로 선수 추적, 파노라마 영상 구성, 경기장 모델 구성을 수행한다. 선수 추적은 확장성을 고려하여 동적 방법과 정적 방법으로

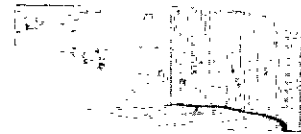


그림 7 파노라마 영상

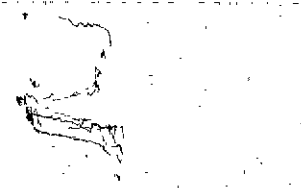


그림 8. 구성된 경기장 모델

나누어 구현하였으며, 화질과 프레임률이 높은 경우에는 동적 추적을, 그렇지 않은 경우에는 정적 추적 방법을 이용할 수 있도록 하였다. 카메라 동작 분석은 상하선회와 수평선회만을 검출하며 움직임 벡터의 수를 하나로 하여 잡영에 견고하도록 하였다. 선수 추적과 카메라 동작 분석 정보는 경기장 모델의 구성에 이용되며 경기장의 특징점을 추출하여 투영 변환을 행하게 된다

실험 결과, 선수 추적 과정에서 선수가 서로 겹치는 경우에 각각의 선수에 대한 정확한 추적이 어려움을 알 수 있었다. 이 부분은 선수들의 움직임 예측 기법 등의 연구를 통해 개선되어야 할 점으로 생각된다. 또한, 본 연구에서 고려하지 않은 확대/축소의 검출 및 부정확한 특징점 추출 문제는 앞으로 연구가 계속되어야 할 부분으로 생각된다.

감사의 말씀

본 연구는 정보통신부 초고속정보통신 응용기술개발사업의 연구비 지원을 받았음.

참고 문헌

- [1] S. S. Intille and A. F. Bobick, "Tracking using a Local Closed-world Assumption: Tracking in the football domain," MIT Media lab. Perceptual Computing Group, TR No. 296, August 1994.
- [2] D. Yow, B. L. Yeo, M. Yeung and B. Liu, "Analysis and Presentation of Soccer Highlight from Digital Video," Proc. of Second Asian Conf. on Computer Vision, Singapore, Vol. II, pp 499-503, 1995.
- [3] T. Taki, J. Hasegawa and T. Fukumura, "Development of Motion Analysis System for Quantitative Evaluation of Teamwork in Soccer Games," Proc. of Int. Conf. Image Processing, Lausanne, Cambridge, Vol. III, pp. 815-818, 1996.
- [4] S. H. Choi, Y. D. Seo, H. W. Kim and K. S. Hong, "Where are the ball and players? - Soccer Game Analysis with Color-based Tracking and Image Mosaic," Proc. of Int. Conf. on Image Analysis and Processing, Florence, Italy, Sept. 1997.
- [5] 황본우, 방진, 이미숙, 이성환, "축구 경기 비디오 분석을 위한 하이라이트 자동 추출 방법," 한국정보과학회 가을 학술발표회 논문집, pp 347-350, 1997년 10월.