

축구 동영상 분석을 위한 배경 분리 알고리즘들의 정량적 비교 평가에 관한 연구

정 찬 호*

Objective Evaluation of Background Subtraction Algorithms for Soccer Video Analysis: An Experimental Comparative Study

Chanho Jung*

요 약

본 논문에서는 “축구 동영상” 분석을 위한 “최적의” 배경 분리 알고리즘을 결정하기 위하여 정량적인 비교 평가 연구를 수행하였다. 이를 위해 본 논문에서는 다섯 가지 서로 다른 배경 분리 알고리즘을 동일한 실험 환경에서 비교 평가하였다. 정량적인 비교 평가를 위해 Precision, Recall 및 F-measure를 이용하였다. 본 논문에서 제시된 정량적 비교 평가 결과는 지능형 축구 동영상 분석 시스템 개발을 위해 배경 분리 기술을 이용하거나 축구 동영상에 특화된 배경 분리 기술을 연구하고자 하는 연구자 및 개발자들에게 실질적인 도움이 될 것으로 예상된다.

Key Words : Soccer Video Analysis, Background Subtraction Algorithms, Objective Evaluation

ABSTRACT

In this letter, we present an experimental comparative study of background subtraction algorithms for soccer video analysis. We investigated five different background subtraction algorithms under the same experimental setup. For the quantitative comparison, we employed the precision, recall, and F-measure. We believe that this comprehensive

comparative study serves as a reference point and guide for developers and practitioners in choosing an appropriate background subtraction algorithm adopted for building intelligent soccer video analysis systems.

1. 서 론

최근 비디오 감시 시스템 및 동작 인식 시스템 등과 같은 지능형 동영상 분석 시스템 개발에 대한 활발한 연구에 힘입어 축구, 야구 및 농구 경기 등을 대상으로 하는 지능형 스포츠 동영상 분석 시스템 개발에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 전세계적으로 인기가 높은 축구 경기를 지능적으로 분석하고 이해하는 지능형 축구 동영상 분석 시스템은 팀/선수 경기 퍼포먼스 분석, 하이라이트 자동 생성, 심판 판정 검증 등과 같은 다양한 응용에서 매우 중요한 역할을 하기 때문에 그에 대한 연구가 더욱 활발해지고 있다^[1]. 축구 동영상 분석을 위한 첫 번째 중요한 단계는 움직이는 객체들을 추출하는 것이다. 현재 대부분의 지능형 축구 동영상 분석 상용 시스템에서는 이동형 카메라의 한계 및 문제점 때문에 고정형 카메라를 이용하고 있다^[2]. 이러한 환경에서 배경 분리 기술은 움직이는 객체들을 추출하기 위한 필수적이고 핵심적인 기술이다. 그러나 이러한 중요성에도 불구하고 축구 동영상에 초점을 둔 배경 분리 알고리즘들의 정량적인 비교 평가에 대한 연구는 없었다.

본 논문에서는 축구 동영상 분석에 있어 필수적이고 핵심적인 기술 중 하나인 배경 분리 기술에 집중하며, 앞서 언급한 기존 연구들의 미흡한 점을 보완하기 위하여 “축구 동영상” 분석을 위한 “최적의” 배경 분리 알고리즘을 결정하기 위하여 정량적인 비교 평가 연구를 수행하였다. 본 논문에서는 이를 위해 지능형 동영상 분석 분야에서 널리 이용되는 총 5가지 서로 다른 배경 분리 알고리즘을 동일한 실험 환경에서 비교 평가하였다. 1) FGD^[3], 2) GMG^[4], 3) KNN^[5], 4) MOG^[6] 및 5) MOG2^[7]. 그림 1은 축구 동영상상의 배경 분리^[4] 예를 보여준다. 본 논문에서 제시하는 정량적 비교 평가 결과는 지능형 축구 동영상 분석 시스템 개발을 위해 배경 분리 기술을 이용하거나 향후 축구 동영상에 특화된 배경 분리 기술을 개발하고자 하는 연구자들에

* First Author : Department of Electrical Engineering, Hanbat National University, peterjung@hanbat.ac.kr, 정희원
논문번호 : KICS2016-11-364, Received November 28, 2016; Revised December 13, 2016; Accepted January 12, 2017

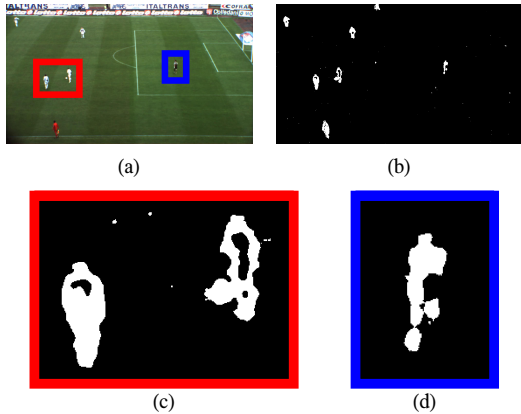


그림 1. 축구 동영상의 배경 분리 예. (a) 입력 프레임. (b) 배경 분리 결과. (c) 입력 프레임 (a)에서 빨간색으로 표시된 영역에 대한 배경 분리 결과 (b)의 확대 결과. (d) 입력 프레임 (a)에서 파란색으로 표시된 영역에 대한 배경 분리 결과 (b)의 확대 결과.
Fig. 1. Example of background subtraction for soccer video. (a) input frame. (b) background subtraction result. (c) magnified region of (b) for the region marked with red in (a). (d) magnified region of (b) for the region marked with blue in (a).

게 실질적인 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

II. 배경 분리 알고리즘들

본 논문에서는 I 장에서 언급한 지능형 동영상 분석 분야에서 널리 이용되는 총 5가지 배경 분리 알고리즘들을 정량적으로 비교 평가한다. Li 등^[3]은 베이시안(Bayesian) 결정 이론에 기반한 배경/전경 분류 알고리즘을 제안하였다. Godbehere 등^[4]은 시간 가변성(time-varying) 배경 모델을 이용한 확률적 배경 분

리 기법을 제안하였다. [5]에서는 배경 분리를 위한 가우시안 혼합 모델(Gaussian mixture model)의 파라미터를 지속적으로 업데이트하기 위한 재귀 방정식을 제안하였다. KadewTraKuPong와 Bowden^[6]은 적응적 가우시안 혼합 모델 학습을 위한 새로운 알고리즘을 제안하였다. Zivkovic^[7]은 배경 분리를 위한 가우시안 혼합 모델의 파라미터 및 혼합 모델의 개수를 픽셀 단위로 업데이트하는 방법을 제안하였다.

III. 실험 결과: 정량적 비교 평가 결과

본 논문에서는 정량적 비교 평가를 위해 ISSIA 축구 동영상 벤치마크 데이터베이스^[8]를 이용하였다. 영상의 해상도는 1920×1088이며, ID1 및 ID2 데이터셋 등 총 6000 프레임을 이용하였다. “공정한 비교”를 위해 II장에서 언급한 총 5가지 배경 분리 알고리즘들을 (ISSIA 데이터베이스) 축구 동영상에 직접적으로 적용하여 배경 분리 결과를 얻었다. 축구 동영상 분석을 위한 “최적의” 배경 분리 알고리즘을 결정하기 위하여 Precision, Recall 및 F-measure를 이용하여 정량적인 비교 평가를 수행하였다. F-measure는 다음과 같이 계산된다.

$$F\text{-measure} = 2 \frac{\text{precision} \times \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}} \quad (1)$$

F-measure는 배경 분리 성능을 평가하는 데 있어 종합적인(overall) 또는 총괄적인 지표로써 배경 분리 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 널리 이용되

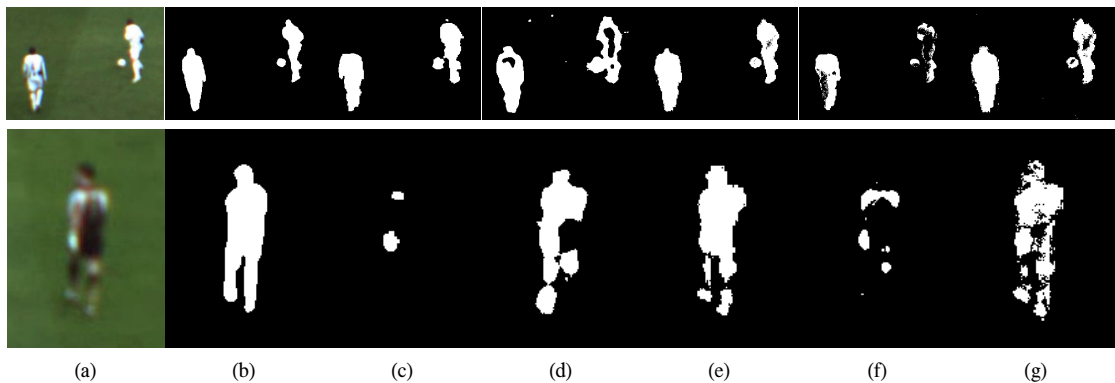


그림 2. 지능형 동영상 분석 분야에서 널리 이용되는 서로 다른 배경 분리 알고리즘을 이용한 축구 동영상의 배경 분리 결과. (a) 입력 프레임 (그림 1. (a)에서 빨간색 (위) 및 파란색 (아래) 으로 표시된 영역). (b) Ground-Truth. (c) FGD^[3]. (d) GMG^[4]. (e) KNN^[5]. (f) MOG^[6]. (g) MOG2^[7].
Fig. 2. Results of background subtraction for soccer video. (a) input frame. (b) Ground-Truth. (c) FGD^[3]. (d) GMG^[4]. (e) KNN^[5]. (f) MOG^[6]. (g) MOG2^[7].

고 있으며, 최종적으로 F-measure가 크면 클수록 배경 분리 성능이 높다고 볼 수 있다. 그림 2는 서로 다른 배경 분리 알고리즘을 이용한 축구 동영상의 배경 분리 결과를 보여준다. 그림 3은 Precision, Recall, F-measure를 이용한 배경 분리 알고리즘의 정량적인 비교 결과를 보여준다. 그림 3에서 보는 바와 같이 “KNN^[5]” 배경 분리 알고리즘을 이용했을 때 F-measure가 가장 큰 것을 볼 수 있다. 즉, 축구 동영상의 배경 분리 성능이 가장 높은 것을 볼 수 있다.

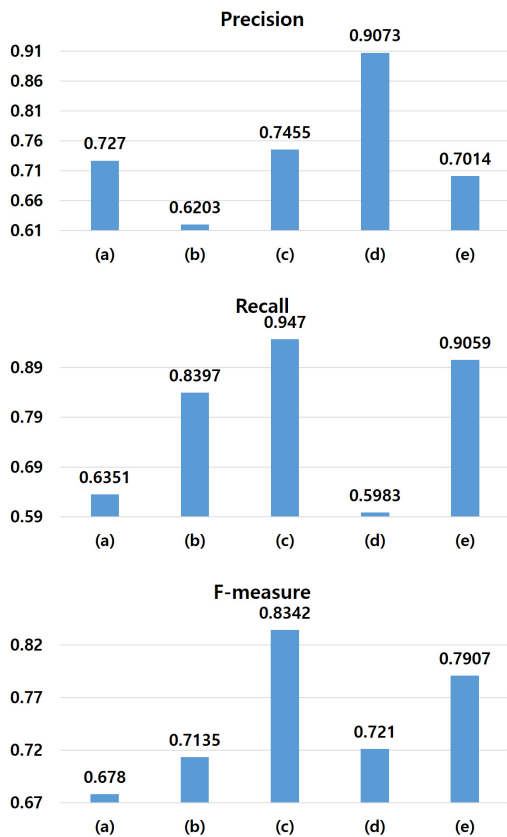


그림 3. Precision, Recall 및 F-measure를 이용한 배경 분리 알고리즘들의 정량적 비교 결과. (a) FGD^[3]. (b) GMG^[4]. (c) KNN^[5]. (d) MOG^[6]. (e) MOG2^[7].
 Fig. 3. Results of objective assessment of background subtraction algorithms using Precision, Recall, and F-measure. (a) FGD^[3]. (b) GMG^[4]. (c) KNN^[5]. (d) MOG^[6]. (e) MOG2^[7].

IV. 결 론

본 논문에서는 “축구 동영상” 분석을 위한 “최적

의” 배경 분리 알고리즘을 결정하기 위하여 지능형 동영상 분석 분야에서 널리 이용되는 총 5가지 배경 분리 알고리즘들을 정량적으로 비교 평가하는 연구를 수행하였다. 축구 동영상 벤치마크 데이터베이스를 이용한 정량적인 비교 평가 결과, [5]에서 제안한 “KNN” 방법이 축구 동영상에 대해 최적의 배경 분리 알고리즘임을 확인하였다. 구체적으로 [3]에서 제안한 방법에 비해 F-measure가 0.1562 증가하는 것을 볼 수 있다. 본 연구 결과는 지능형 축구 동영상 분석 시스템 개발을 위해 배경 분리 기술을 이용하거나 축구 동영상에 특화된 배경 분리 기술을 연구하고자 하는 개발자들에게 실질적인 도움이 될 것으로 판단된다.

References

- [1] D. Quilon, et al., “Unsupervised high-quality soccer field segmentation,” in *Proc. IEEE Int. Symp. Consumer Electron.*, Jun. 2015.
- [2] S. Beysal and P. Duygulu, “Sentioscope: a soccer player tracking system using model field particles,” *IEEE Trans. Cir. and Syst. for Video Technol.*, vol. 26, no. 7, pp. 1350-1362, Jul. 2016.
- [3] L. Li, W. Huang, I. Gu, and Q. Tian, “Foreground object detection from videos containing complex background,” in *Proc. ACM Multimedia*, pp. 2-10, 2003.
- [4] A. B. Godbehere, A. Matsukawa, and K. Goldberg, “Visual tracking of human visitors under variable-lighting conditions for a responsive audio art installation,” in *Proc. Am. Control Conf.*, Jun. 2012.
- [5] Z. Zivkovic and F. van der Heijden, “Efficient adaptive density estimation per image pixel for the task of background subtraction,” *Pattern Recognition Lett.*, vol. 27, no. 7, pp. 773-780, 2006.
- [6] P. Kadewtrakupong and R. Bowden, “An improved adaptive background mixture model for real-time tracking with shadow detection,” in *Proc. Eur. Wksp. Advanced Video-Based Surveillance Syst.*, 2001.
- [7] Z. Zivkovic, “Improved adaptive gaussian mixture model for background subtraction,” in

Proc. IEEE Int. Conf. Pattern Recognition,
Aug. 2004.

- [8] T. D'Orazio, et al., "A semi-automatic system for ground truth generation of soccer video sequences," in *Proc. IEEE Int. Conf. AVSS*, pp. 559-564, Sept. 2009.