DBpia

논문 16-41-12-13 The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences '16-12 Vol.41 No.12
https://doi.org/10.7840/kics.2016.41.12.1752

축구 동영상의 배경 분리 정확도 향상을 위한 수학적 모폴로지 연산자들의 정량적 비교 평가에 관한 연구

정 찬 호◆

Objective Assessment of Mathematical Morphology Operators to Improve the Accuracy of Background Subtraction for Soccer Videos: An Experimental Comparative Study

Chanho Jung◆

요 약

본 논문에서는 "축구 동영상"의 배경 분리 정확도 향상을 위한 "최적의" 수학적 모폴로지 연산자를 결정하기 위하여 정량적인 비교 평가 연구를 수행하였다. 이를 위해 본 논문에서는 여섯 가지 서로 다른 수학적 모폴로지 연산자를 동일한 실험 환경에서 비교 평가하였다. F-measure를 이용하여 평가한 결과 복구에 의한 닫기-복구에 의한 열기 연산자가 최적의 연산자임을 확인하였다. 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 판단된다.

Key Words : Soccer Videos, Background Subtraction, Mathematical Morphology Operator, Objective Evaluation

ABSTRACT

In this letter, to determine how mathematical morphology operators can be best used to enhance the accuracy of background subtraction for "soccer videos", we conducted an experimental comparative study. We investigated six different mathematical morphology operators under the same experimental setup. We found that the closing by reconstruction-opening by reconstruction is optimal through the experiments using the F-measure. We believe that this comprehensive comparative study serves as a reference point and guide for developers and practitioners in choosing an appropriate mathematical morphology operator adopted for building intelligent soccer video analysis systems.

Ⅰ. 서 론

최근 지능형 동영상 분석 시스템 개발에 대한 활발한 연구에 힘입어 지능형 스포츠 동영상 분석 시스템 개발에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 전 세계적으로 인기가 높은 축구 경기를 지능적으로 분석하고 이해하는 지능형 축구 동영상 분석 시스템은 팀/선수 퍼포먼스 분석, 자동 하이라이트 생성, 심판 판정 보조 등과 같은 다양한 응용에서 매우 중요한 역할을 하기 때문에 그에 대한 연구가 더욱 활발해지고 있다. 축구 동영상 분석을 위한 첫 번째 중요한 단계는 움직이는 객체들을 검출하는 것이다. 현재 대부분의 지능형 축구 동영상 분석 상용 시스템에서는 이동형 카메라의 한계 때문에 고정형 카메라를 이용하고 있다[1]. 이러한 환경에서 배경 분리 기술은 움직이는 객체들을 검출하기 위한 필수적이고 핵심적인 기술이다.

본 논문에서는 "축구 동영상"의 배경 분리 정확도 향상을 위한 "최적의" 수학적 모폴로지 연산자를 결정하기 위하여 정량적인 비교 평가 연구를 수행하였다. 그림 1은 축구 동영상의 (수학적 모폴로지 연산자를 적용하지 않은) 배경 분리 예를 보여준다. 그림 1에서는 [2]에서 제안된 방법을 이용하였다. Setitra와 Larabi[3]는 비디오 감시 시스템에서 배경 분리 정확도 향상을 위해 열기(opening) 및 닫기(closing) 모폴로지 연산자의 이용을 제안하였다. Figueroa 등[4] 역시 축구 동영상의 배경 분리 정확도 향상을 위해 열기 및

◆ First Author : Department of Electrical Engineering, Hanbat National University, peterjung@hanbat.ac.kr, 정회원
논문번호 : KICS2016-11-342, Received November 8, 2016; Revised November 25, 2016; Accepted December 20, 2016

www.dbpia.co.kr

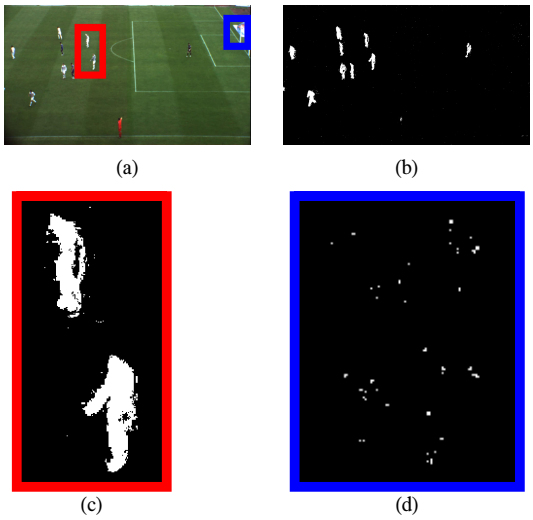

그림 1. 축구 동영상의 배경 분리 예. (a) 입력 프레임. (b) 배경 분리 결과. (c) 입력 프레임 (a)에서 빨간색으로 표시된 영역에 대한 배경 분리 결과 (b)의 확대 결과. (d) 입력 프레임 (a)에서 파란색으로 표시된 영역에 대한 배경 분리 결과 (b)의 확대 결과.
Fig. 1. Example of background subtraction for soccer video. (a) input frame. (b) background subtraction result. (c) magnified region of (b) for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

닫기 모폴로지 연산자를 이용할 것을 제안하였다. 이렇게 동영상의 배경 분리 정확도 향상을 위한 수학적 모폴로지 연산자의 이용에 대한 연구들이 일부 있었으나, 열기 및 닫기 모폴로지 연산자의 이용에 대해서만 제안 및 분석함으로써 이에 대한 연구가 매우 제한적이며 미흡한 실정이다. 본 논문에서는 1) "축구 동영상"의 배경 분리 정확도 향상에 집중하며, 2) 앞서 언급한 기존 연구들의 한계를 극복하기 위하여 열기 및 닫기 외에 다양한 수학적 모폴로지 연산자들을 배경 분리 정확도 향상 관점에서 정량적으로 비교 평가한다.

Ⅱ. 수학적 모폴로지 연산자들

수학적 모폴로지는 집합 이론 등을 기반으로 영상의 기하학적 구조를 분석하고 처리하는 문제들에 대해 강력한 접근법을 제시한다. 본 논문에서는 기존 연구들에서 (배경 분리 정확도 향상을 위해) 이용하기를 제안한 1) 열기 및 2) 닫기 모폴로지 연산자 뿐만 아니라 3) 열기-닫기 순차적(sequential) 필터, 4) 닫기-열기 순차적 필터, 5) 복구에 의한 열기(opening by reconstruction)-복구에 의한 닫기(closing by reconstruction) 순차적 필터 및 6) 복구에 의한 닫기-복구에 의한 열기 순차적 필터 등 총 6가지 수학적 모폴로지 연산자들을 동일한 실험 환경에서 정량적으로 비교 평가한다. 특히 이중 복구(reconstruction) 연산자는 객체들의 형태 왜곡을 최소화할 수 있는 장점이 있다.

Ⅲ. 실험 결과: 정량적 비교 평가 결과

본 논문에서는 정량적 비교 평가를 위해 ISSIA 축구 동영상 벤치마크 데이터베이스[5]를 이용하였다. 영

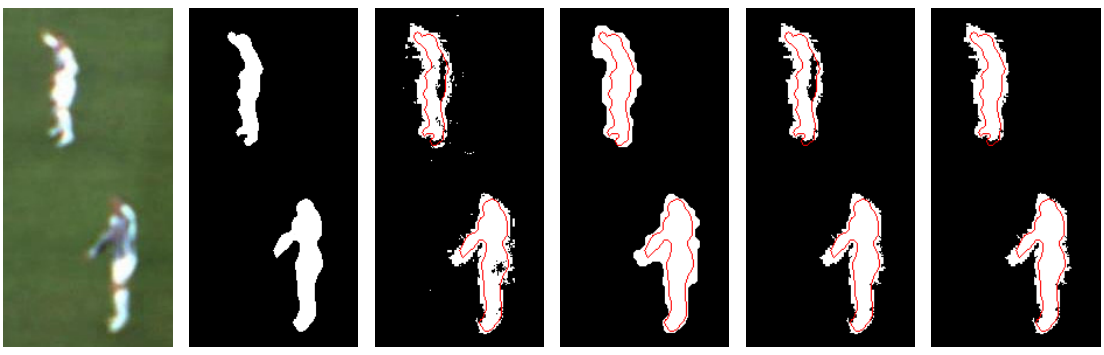

그림 2. 배경 분리 정확도 향상을 위한 수학적 모폴로지 연산자들의 적용 결과. (a) 입력 프레임 (그림 1. (a)에서 빨간색으로 표시된 영역). (b) Ground-Truth. (c) 배경 분리 결과. (d) 닫기-열기 순차적 적용 결과. (e) 복구에 의한 열기-복구에 의한 닫기 순차적 적용 결과. (f) 복구에 의한 닫기-복구에 의한 열기 순차적 적용 결과. (c), (d), (e) 및 (f)에서 빨간색 윤곽선은 Ground-Truth의 윤곽선을 나타낸다.
Fig. 2. Examples of the adoption of mathematical morphology operators to improve the accuracy of background subtraction. (a) input frame. (b) Ground-Truth. (c) background subtraction result. (d) closing-opening. (e) opening by reconstruction-closing by reconstruction. (f) closing by reconstruction-opening by reconstruction. Note that the red contours in (c), (d), (e), and (f) represent the contours of Ground-Truth.

www.dbpia.co.kr

상의 해상도는 1920×1088이며, ID1 데이터셋 총 3000 프레임을 이용하였다. 축구 동영상의 배경 분리를 위해 지능형 동영상 분석 분야에서 널리 이용되는 [2]에서 제안된 MOG2 방법을 이용하였으며, "공정한 비교"를 위해 Ⅱ장에서 언급한 총 6가지 수학적 모폴로지 연산자들을 MOG2 방법을 통해 얻은 배경 분리 결과에 직접적으로 적용하였다. 축구 동영상의 배경 분리 정확도 향상을 위한 "최적의" 수학적 모폴로지 연산자를 결정하기 위하여 F-measure를 이용하여 정량적인 비교 평가를 수행하였다. 그림 2 및 그림 3은 배경 분리 정확도 향상을 위한 수학적 모폴로지 연산자들의 적용 결과를 보여준다. 그림 4는 F-measure를 이용한 수학적 모폴로지 연산자들의 정량적인 비교 결과를 보여준다. 그림 4에서 보는 바와 같이 "복구에 의한 닫기-복구에 의한 열기"를 순차적으로 적용했을 때 축구 동영상의 배경 분리 정확도가 가장 크게 향상되는 것을 볼 수 있다. 구체적으로 F-measure가 0.7567에서 0.7871로 향상되는 것을 볼 수 있다. 이는 기본적으로 닫기에 이어 열기를 순차적으로 적용했을 뿐만 아니라 복구 연산자를 닫기 및 열기 연산 과정에

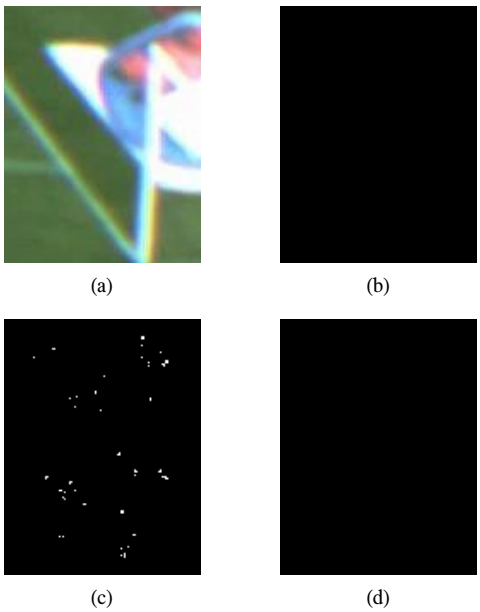

그림 3. 배경 분리 정확도 향상을 위한 수학적 모폴로지 연산자의 적용 결과. (a) 입력 프레임 (그림 1. (a)에서 파란색으로 표시된 영역). (b) Ground-Truth. (c) 배경 분리 결과. (d) 복구에 의한 닫기-복구에 의한 열기 순차적 적용 결과.
Fig. 3. Example of the adoption of mathematical morphology operator to improve the accuracy of background subtraction. (a) input frame. (b) Ground-Truth. (c) background subtraction result. (d) closing by reconstruction-opening by reconstruction.

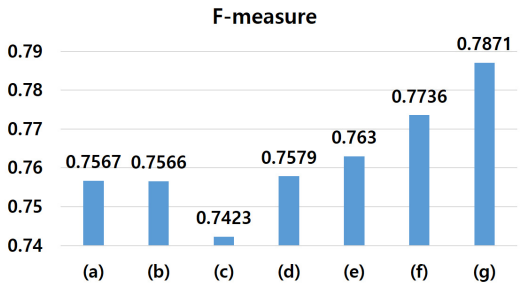

그림 4. F-measure를 이용한 축구 동영상의 배경 분리 정확도 향상을 위한 수학적 모폴로지 연산자들의 정량적 비교 결과. (a) 배경 분리 결과 (수학적 모폴로지 연산자 미적용 결과). (b) 열기 적용 결과. (c) 닫기 적용 결과. (d) 열기-닫기 순차적 적용 결과. (e) 닫기-열기 순차적 적용 결과. (f) 복구에 의한 열기-복구에 의한 닫기 순차적 적용 결과. (g) 복구에 의한 닫기-복구에 의한 열기 순차적 적용 결과.
Fig. 4. Results of objective assessment of mathematical morphology operators to improve the accuracy of background subtraction for soccer videos using F-measure. (a) background subtraction result without mathematical morphology operator. (b) opening. (c) closing. (d) opening-closing. (e) closing-opening. (f) opening by reconstruction-closing by reconstruction. (g) closing by reconstruction-opening by reconstruction.

서 이용했기 때문으로 해석된다. 종합적으로 복구에 의한 닫기는 기하학적으로 끊어져 있는(unconnected) 어두운 특징들 또는 영역들(dark features or regions)을 최소화하고 복구에 의한 열기는 기하학적으로 끊어져 있는 밝은 특징들 또는 영역들(light features or regions)을 최소화하는 효과가 각각 있기 때문이다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 "축구 동영상"의 배경 분리 정확도 향상을 위한 "최적의" 수학적 모폴로지 연산자를 결정하기 위하여 총 6가지 수학적 모폴로지 연산자들을 정량적으로 비교 평가하는 연구를 수행하였다. 축구 동영상 벤치마크 데이터베이스를 이용한 정량적인 비교 평가 결과 "복구에 의한 닫기-복구에 의한 열기" 연산자가 축구 동영상의 배경 분리 정확도 향상을 위한 최적의 연산자임을 확인하였다. 본 연구 결과는 지능형 축구 동영상 분석 시스템 개발을 위해 배경 분리 기술을 이용하거나 축구 동영상에 특화된 배경 분리 기술을 개발하고자 하는 연구자들에게 실질적인 도움이 될 것으로 예상된다.

References

[1] S. Beysal and P. Duygulu, "Sentioscope: a

www.dbpia.co.kr

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.

[2] Z. Zivkovic, "Improved adaptive Gausian mixture model for background subtraction," in *Proc. IEEE ICPR '04*, vol. 2, pp. 28-31, Aug. 2004.

[3] I. Setitra and S. Larabi, "Background subtraction algorithms with post processing: A review," in *Proc. IEEE ICPR '04*, pp. 2436-2441, 2014.

[4] P. Figueroa, et al., "Tracking soccer players using the graph representation," in *Proc. IEEE ICPR '04*, pp. 787-790, 2004.

[5] 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.

www.dbpia.co.kr