

외형 특징을 사용하지 않는 효율적인 다중 물체 추적 방법

이혜민*, 김대진*

*포항공과대학교 컴퓨터공학과

lhmin@postech.ac.kr, dkim@postech.ac.kr

Efficient Multiple Object Tracking without Appearance Features

Hyemin Lee*, Daijin Kim*

*Dept. of Computer Science and Engineering, Pohang University of Science and Technology

요 약

본 논문은 외형 특징을 사용하지 않는 효율적인 다중 물체 추적 방법을 제안한다. 본 논문의 목적은 다중 물체 추적 방법이 합성곱 신경망 등의 외형 특징을 사용하지 않고 순수한 모션 모델의 힘으로 도달할 수 있는 최대의 성능을 찾는 것이다. 많은 다중 물체 추적 방법들이 추적 대상들 간의 유사성을 파악하기 위해 외형 특징을 사용한다. 하지만 다양한 외형 특징들을 갖는 방법들은 기본 특징 추출 알고리즘이 다르고, 다중 추적의 성능 향상이 어느 부분으로부터 오는지 정확히 파악할 수 없다. 또한, 각각 다른 매칭 알고리즘과 특징 디자인은 서로 다른 알고리즘의 효과를 순수하게 비교할 수 없다. 이러한 관점에서, 본 연구에서는 어떠한 외형 특징을 사용하지 않고 명확하게 추적 알고리즘의 효율성을 비교할 수 있는 가이드라인을 제시한다. 외형 특징을 사용하지 않고도 실용적으로 사용 가능한 성능에 도달할 수 있음을 공인 MOT2016, MOT2016 데이터셋에 대한 실험을 통해 증명한다. 이러한 방법은 GPU 를 사용하지 않고 200 fps 이상의 높은 속도를 보여 실시간 속도를 요구하는 임베디드 시스템 상의 어플리케이션에 적합하다.

1. 서론

다중 물체 추적 알고리즘은 비디오 감시, 인간-컴퓨터 상호작용, 자율주행 자동차 등 다양한 분야에서 사용 가능한 컴퓨터 비전 분야의 핵심 연구이다. 가장 널리 사용되는 알고리즘은 외부의 검출기를 사용하여 검출된 물체를 객체 연관성 할당을 통해 추적 ID 를 부여하는 tracking-by-detection 방식이다. Tracking-by-detection 방식의 핵심은 물체들 간의 유사성을 평가하기 위한 외형 특징을 어떻게 잘 디자인 하는가에 달려있다. 많은 다중 물체 추적 방법들이 추적 대상들 간의 유사성을 파악하기 위해 외형 특징을 사용한다. 하지만 다양한 외형 특징들을 갖는 방법들은 기본 특징 추출 알고리즘이 다르고, 다중 추적의 성능 향상이 어느 부분으로부터 오는지 정확히 파악할 수 없다. 또한, 각각 다른 매칭 알고리즘과 특징 디자인은 서로 다른 알고리즘의 효과를 순수하게 비교할 수 없다. 이러한 관점에서, 본 연구에서는 어떠한 외형 특징을 사용하지 않고 명확하게 추적 알고리즘의 효율성을 비교할 수 있는 가이드라인을 제시한다.

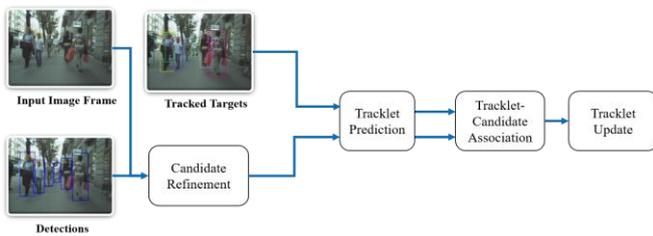
제안하는 알고리즘은 외형 특징을 사용하지 않기 때문에 합성곱 신경망의 막대한 연산을 사용하지 않아 CPU 환경에서 200fps 이상의 빠른 속도를 보여 실시간 속도를 요구하는 임베디드 시스템 상의 어플리케이션에 적합하다.

제안하는 알고리즘의 효율성을 평가하기 위해 다중 물체 추적 분야에서 널리 사용되는 MOT2016 과 MTO2017 벤치마킹 데이터셋에서 평가를 진행하였다. 어떠한 외형 특징을 사용하지 않았음에도 제안하는 알고리즘은 기존의 다양한 외형 특징을 사용하는 알고리즘의 성능을 넘어설 수 있음을 증명하였으며, 이를 통해 외형 특징을 통해 얻는 성능 개선이 아닌 다중 추적 알고리즘의 순수한 성능으로 도달 할 수 있는 한계점에 대한 가이드라인을 제시한다.

2. 다중 추적 방법

다중 추적 알고리즘은 매 프레임마다 입력 프레임, 검출 결과, 이전에 추적된 객체 정보를 입력으로 받는다. 검출된 후보들은 신뢰도에 따라 False Positive (FP) 물체를 걸러내기 위해 필터링 과정을

거친다. 추적중인 물체들은 칼만 필터 기반의 단순한 모션 모델을 통해 다음 프레임에서의 위치를 예측한다. 외형 특징을 사용하는 다른 알고리즘과는 다르게 다음 프레임에서 예측된 타겟과 검출 후보들간의 유사도는 오로지 Intersection Over Union (IoU) 를 통해 평가된다. 평가된 유사도 값을 기반으로 타겟과 검출 후보들간의 Association Matrix 가 생성되고, Hungarian Algorithm 을 통해 최적의 할당을 찾아낸다. 할당이 끝난 후, 모든 타겟의 상태가 업데이트 되며 새로운 타겟을 추가하거나, 사라진 타겟을 삭제하는 Tracklet 관리를 수행하게 된다. (그림 1) 는 제안하는 다중 추적 알고리즘의 흐름도를 나타낸다.



(그림 1) 제안하는 다중 추적 알고리즘의 흐름도

타겟의 모션 모델은 칼만 필터를 이용한 선형 움직임 가정하였으며, 어떠한 외형 특징을 사용하지 않았기 때문에 오로지 모션 모델을 통해서만 추적을 수행한다. 위치가 예측된 타겟 박스는 검출된 타겟과의 유사도 평가를 통한 할당을 수행한다. 유사도 평가를 위한 지표로는 IoU 를 사용하며, 근접한 타겟과 후보들 간의 유사도 행렬을 작성한다. 다음으로 Hungarian Algorithm 을 적용하여 객체와 후보들간의 할당을 수행한다. 할당되지 않은 검출 결과는 새로운 타겟으로 추적을 시작하고, 10 프레임 동안 어떠한 검출에도 할당되지 않은 타겟은 사라진 것으로 간주하여 추적을 종료한다. 기존 알고리즘과의 비교를 위해 기반 알고리즘으로 MOTDT [1]에서 외형 특징을 제거한 방법을 사용하였다.

3. 실험 결과

제안하는 알고리즘의 효율성을 평가하기 위해 다중 물체 추적 분야에서 널리 사용되는 MOT2016 과 MOT2017 벤치마킹 데이터셋에서 평가를 진행하였다 [2]. 모든 추적 알고리즘에 대한 평가 결과는 공식 벤치마크 사이트를 통해 진행되었다. 제안된 알고리즘은 Python 과 Pytorch 를 사용하여 구현되었으며, 6 Core Intel i7@3.60GHz CPU 에서 평균 210 fps 로 동작한다.

다중 물체 추적 성능 평가의 대표적인 평가 지표로

는 Multiple Object Tracking Accuracy (MOTA) 지수가 있으며, 이는 False Positive (FP), False Negative (FN), ID Switching (IDS)를 종합적으로 반영한 지표이다.

<표 1> MOT2016 데이터셋에 평가한 결과

Type	Method	MOTA ↑	FP ↓	FN ↓	IDS ↓
offline	JMC [3]	46.3	6373	90914	657
	NOMT [4]	46.4	9753	87565	359
	LMP [5]	48.8	6654	86245	481
online	DMAN [6]	46.1	7909	89874	532
	AMIR [7]	47.2	2681	92856	774
	MOTDT [1]	47.6	9253	85431	792
	Proposed	47.6	10939	83428	1276

<표 1> 은 제안한 알고리즘을 MOT2016 데이터셋에 평가한 결과를 나타낸다. 제안한 알고리즘은 기존의 외형 특징을 사용한 알고리즘에 필적하는 성능을 달성하였으며, 특히 MOTA 및 FN 성능 지표에서 의미 있는 결과를 달성하였다.

<표 2> MOT2017 데이터셋에 평가한 결과

Type	Method	MOTA ↑	FP ↓	FN ↓	IDS ↓
offline	MHT_DAM [8]	50.7	22875	252889	2314
	bLSTM [9]	47.5	25981	268042	2069
	JCC[10]	51.2	25937	247822	1802
	FWT [11]	51.3	24101	247921	2648
online	DMAN [6]	48.2	26218	263608	2194
	HAMSADF [12]	48.3	20967	269038	1871
	MOTDT [1]	50.9	24069	250768	2474
	Proposed	51.1	29398	242837	4535

<표 2> 는 제안한 알고리즘을 MOT2017 데이터셋에 평가한 결과를 나타낸다. DPM 기반의 검출기 결과를 제공하는 MOT2016 데이터셋과는 달리, MOT2017 데이터셋에서는 Faster RCNN, SDP, DPM 등의 다양한 검출 방법과 더 나은 수준의 검출 결과를 제공한다. 이러한 결과로 인해 MOT2016 에 비해 MOT2017 에는 기존의 기반 알고리즘을 능가하는 성과를 달성하였다. 이는 오로지 IoU 기반의 유사성만을 사용한 결과로서는 의미 있는 결과로 해석될 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 외형 특징을 사용하지 않는 빠르고 효율적인 다중 물체 추적 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 특징 추출이 아닌 알고리즘 자체의 효율성을 평가하기 위한 가이드라인을 제시하였으며, 공개 벤치마크 데이터셋에서의 실험을 통해 외형 특징을 사용하지 않고 달성할 수 있는 추적 알고리즘 성능의 가능성을 보여주었다.

감사의 말

이 논문은 2018 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2018-0-01290, 자율주행에 영향을 미치는 비정형 (경찰관, 교통안전요원, 보행자 등) 동적특성 인지 오픈 데이터 셋 및 인지처리 기술개발)

scene adaptive detection filtering’, in *2018 15th IEEE International conference on advanced video and signal based surveillance (AVSS)*, pp. 1–6. IEEE, (2018).

- [12] Ji Zhu, Hua Yang, Nian Liu, Minyoung Kim, Wenjun Zhang, and Minghsuan Yang, ‘Online multi-object tracking with dual matching attention networks’, in *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*, pp. 366–382, (2018).

참고문헌

- [1] Chen Long, Ai Haizhou, Zhuang Zijie, and Shang Chong, ‘Real-time multiple people tracking with deeply learned candidate selection and person re-identification’, in *ICME*, volume 5, p. 8, (2018).
- [2] Anton Milan, Laura Leal-Taixe, Ian Reid, Stefan Roth, and Konrad Schindler, ‘Mot16: A benchmark for multi-object tracking’, *arXiv preprint arXiv:1603.00831*, (2016).
- [3] Wongun Choi, ‘Near-online multi-target tracking with aggregated local flow descriptor’, in *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*, pp. 3029–3037, (2015).
- [4] Roberto Henschel, Laura Leal-Taixe, Daniel Cremers, and Bodo Rosenhahn, ‘Fusion of head and full-body detectors for multi-object tracking’, in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, pp. 1428–1437, (2018).
- [5] Margret Keuper, Siyu Tang, Bjorn Andres, Thomas Brox, and Bernt Schiele, ‘Motion segmentation & multiple object tracking by correlation co-clustering’, *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, (2018).
- [6] Margret Keuper, Siyu Tang, Yu Zhongjie, Bjoern Andres, Thomas Brox, and Bernt Schiele, ‘A multi-cut formulation for joint segmentation and tracking of multiple objects’, *arXiv preprint arXiv:1607.06317*, (2016).
- [7] Chanh Kim, Fuxin Li, Arridhana Ciptadi, and James M Rehg, ‘Multiple hypothesis tracking revisited’, in *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, pp. 4696–4704, (2015).
- [8] Chanh Kim, Fuxin Li, and James M Rehg, ‘Multi-object tracking with neural gating using bilinear lstm’, in *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*, pp. 200–215, (2018).
- [9] Amir Sadeghian, Alexandre Alahi, and Silvio Savarese, ‘Tracking the untrackable: Learning to track multiple cues with long-term dependencies’, in *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, pp. 300–311, (2017).
- [10] Siyu Tang, Mykhaylo Andriluka, Bjoern Andres, and Bernt Schiele, ‘Multiple people tracking by lifted multicut and person reidentification’, in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 3539–3548, (2017).
- [11] Young-chul Yoon, Abhijeet Boragule, Young-min Song, Kwangjin Yoon, and Moongu Jeon, ‘Online multi-object tracking with historical appearance matching and