

Online boosting 기반의 다중객체 추적 시스템 개발

양이화*, 유정민*, 전문구*
*광주과학기술원 정보통신공학과
e-mail : ehwa@gist.ac.kr

A study on Online boosting based Multi-target tracking system

Ehwa Yang*, Jeongmin Yu*, Moongu Jeon*
*Dept. of Information & Communication, Gwangju Institute Science and Technology

요 약

본 논문은 다중 객체 추적 시스템에 관한 연구로서, Online boosting 을 기반으로 다중 객체 추적 기술이 개발되었다. 기존의 Boosting 기반의 추적 기술과는 다르게 객체들간의 구별을 좀더 명확하게 하기 위하여, 프레임과 프레임간의 객체들끼리의 연결 시 공간적인 제약조건과 시간적 제약조건을 이용하여 Online Boosting 알고리즘을 설계하였다. 본 시스템에서는 멀리 떨어져있는 객체들간에는 연관성이 낮다는 점을 보다 강력하게 고려하였기에 추적하는 과정에서 물체들끼리의 연관 오류가 줄어들었고, 이는 몇 개의 범용데이터를 이용한 실험을 통해 증명하였다.

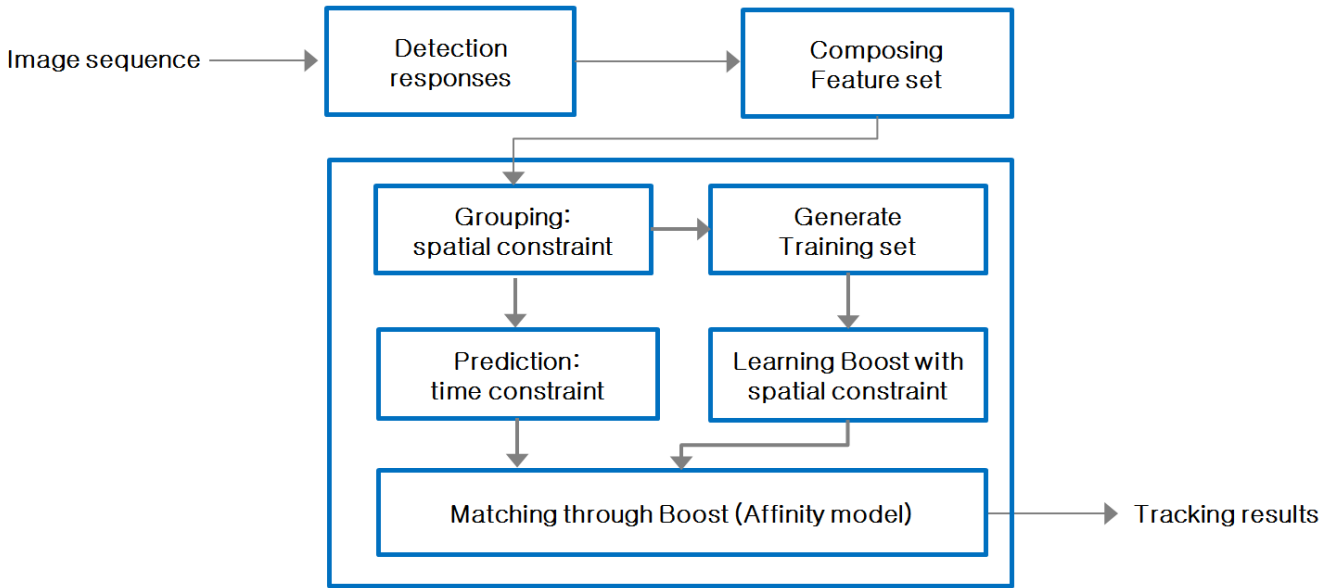
1. 서론

컴퓨터 비전 분야에서 다중 객체 추적 기술은 매우 중요한 기술분야로써 컴퓨터 비전 기술이 필요로 하는 여러 응용분야에서 사용되고 있다. 다중 객체 추적 기술은 로봇비전, 바이오 의료 영상, 비주얼 감시 시스템, 증강현실 등, 보다 효율적이고 스마트한 시스템 개발을 위해, 컴퓨터 비전 기술이 도입된 여러 시스템에서 상위 서비스 제공을 위한 기반 기술로써 반드시 필요로 하는 기술이다. 다중 객체 추적 기술의 성능은 전체 시스템에 직접적으로 미치는 영향이 크며, 현재 전세계적으로 활발히 기술개발이 이루어지고 있다. 다중객체 추적 기술의 중요한 요소 중에 하나는 카메라를 통해 얻은 영상에서 감지된 객체들의 정확한 이동경로를 추출하는 것이다. 다시 말해, 영상에서 감지된 객체들의 ID 를 동일하게 유지하는 것이 다중 객체 추적 기술의 핵심이라고 말할 수 있다. 추적 기술을 위한 알고리즘적인 접근 방법으로는 크게 Detection based tracking 과 Data Association based tracking 이 두 가지로 나뉜다. Detection based tracking 기법들은 연속적인 비디오 프레임들 간에 객체들의 외형모델을 특징정보로써 사용하는 기법을 말한다. 이 기법의 경우 Data Association based tracking 기법들에 비해 객체의 가려짐 현상을 보안하기가 상대적으로 어려운 면이 있으나 실시간으로 유용하게 동작이 가능하다. 그러나 Data Association based tracking 기법은 이동경로(Tracklets)의 길이나 모션, 속도 등을 특징정보로써 사용하는 것으로 객체의 가려짐 현상은 보다 강인하게 동작하나 실시간으로 구현하기 어렵다는 단점을 가지고 있다. 여기서의 실시간이란 비디오 프레임이 바로 입력되는 순간 추적이 이루어지는 것을 의미한다. 본 다중 객체 추적 알고리즘은

Detection based tracking 기법 중에 하나로써 Online Boosting 을 기반으로 설계하였다. 기존의 Boosting 기반의 추적 알고리즘들의 경우 주로 이동경로들의 특징 정보를 이용한 Data Association based tracking 기법이 제안되었고[1], Detection based tracking 기법의 경우, 객체들 간의 더 효과적인 구별을 위해 계층적인 방법을 이용하여 추적 알고리즘을 설계 하였다[2]. 그러나 이 기법[2]의 경우, 한 프레임과 다음 프레임간의 물체를 추적할 때 에 여러 번 알고리즘을 수행해야 함으로써 실시간으로 시스템이 작동하는데 부족한 점이 있다. 또한, 객체간의 추적을 위한 Affinity model 을 구현하기 위해 Adaboost 의 Training data 를 생성할 때 비록 객체들끼리의 공간 제약조건을 이용하여 학습을 시킨다 하여도, 멀리 떨어져 있으나 비슷한 속성의 객체들간의 구별 력이 낮아 추적 성능의 한계점을 가지고 있다. 본 논문에서는 객체 들간의 구별 력을 높이고 추적 성능을 향상 시키기 위해 공간적 제약조건과 시간적 제약조건을 같이 활용하여 Online Boosting 기반의 다중 객체 추적 시스템을 개발하였다.

2. 제안하는 방법

본 논문에서는 공간적 제약 조건과 시간적 제약 조건을 이용한 Online Boosting 기반의 다중 객체 추적 시스템을 개발 하였다. 본 제안한 다중 객체 추적 시스템에 관한 전체 흐름도는 그림 1 과 같다. 입력된 비디오 영상 프레임에서 관심 대상이 되는 객체들을 추출한다. 그리고 그 추출된 객체들의 특징 정보를 구성한 후, 특징 정보를 기반으로 객체들끼리 공간적인 제약 조건을 활용하여 Grouping 한다. 공간적인 제약 조건을 기반으로 Adaboost 의 학습을 위한 Training set



(그림 1) 다중 객체 추적 알고리즘 전체 흐름도

을 생성한 후에, Online 형태로 Adaboost 를 학습하게 된다. 공간적 제약조건이란 한 프레임 내의 객체들 간에는 동일한 객체가 중복되어 있을 수 없다는 것을 의미한다. 그러므로 Grouping 이란 공간상 밀접하게 서로 가까이 있는 객체들끼리의 한 영역을 의미함으로써 Nearest Neighborhood Clustering 개념을 이용하여 구현하였다. 전 프레임과 다음 프레임 사이의 객체들끼리의 연관 시 구별 성을 높이기 위해 Grouping 된 영역 안에서의 객체들끼리 연결이 이루어진다. 이 때 Group 과 Group 사이에 경계에 놓인 객체의 정확한 연결을 위해서 좀더 넓은 범위를 가진 영역으로 Group 이 예측되어지게 되고, 예측된 범위 안에서 객체들끼리의 연결이 이루어짐으로 추적 결과가 나오게 된다. Group 을 예측할 때에는 시간적 제약조건을 이용하여 구현하였다. 시간적 제약 조건이란 비디오 영상에서 연속된 프레임과 프레임 사이에 물체의 움직이는 범위가 한정적이라는 것을 의미한다. 움직임의 범위가 한정적이라는 점과, 또 비디오에서 한 Group 의 움직임의 방향이 일정할 경우, 예를 들어 도로나 횡단보도 같은 거리에서 사람들의 방향이 같을 경우, 움직이는 방향을 쉽게 예측하여 모델링 함으로써 Group 의 예측이 가능하게 하였다. 전 프레임의 Group 들 안의 객체들과 다음 프레임의 예측된 Group 들 간의 객체들끼리 Adaboost 를 통해 생성된 Affinity model 을 통해 서로 연결이 됨으로써 추적결과나 나오게 된다. Group 들간의 객체들끼리의 연결은 유사한 특징 정보를 가지고 있으나 서로 멀리 떨어져 있는 객체들 (즉, 서로 다른 객체임에도 불구하고 객체의 특징정보 가 유사한 경우)끼리 더욱 강력하게 분별할 수 있기에 추적의 정확도를 높여준다. 또한, 프레임 내의 모든 객체들끼리 서로 비교하지 않아도 되기 때문에 계산 량이 줄어들어 보다 빠른 속도로 추적 알고리즘의 구현이 가능하다. 본 논문에서 객체의 특징 정보로는 HOG(Histogram of

Oriented Gradient), CSS(Color self-similarity), Color Histogram 을 사용하다. 아래 식(1)은 본 추적알고리즘 을 위한 Adaboost 의 Strong Classifier 를 의미한다.

$$H(a_i, a_j, k) = \sum_{t=1}^T a_t h_t(a_i, a_j, k) \quad (1)$$

식 (1)에서 $h_t(a_i, a_j, k)$ 는 Weak Classifier 로써 a_i 와 a_j 는 각각의 비교할 객체를 의미하며, k 는 Grouping 번호로써 a_i 와 a_j 는 k -group 에 속한 객체이다. $h_t(a_i, a_j, k)$ 의 정의는 아래 식 (2)와 같다.

$$h_t(a_i, a_j, k) = [f_1(a_{HOG}^i, a_{HOG}^j), f_1(a_{CSS}^i, a_{CSS}^j), f_1(a_{CH}^i, a_{CH}^j)] \quad (2)$$

그리고, Adaboost 를 학습하기 위한 Loss Function 은 아래 식(3)으로써 Newton Method 를 이용하여 학습하였다.

$$Z_t = \sum_n w_n \exp(-yH(x_n)), \quad (3)$$

$$x_n = (a_i, a_j, k)$$

여기서, x_n 은 학습 데이터를 y 는 학습데이터가 positive set 은 1, Negative set 은 -1 을 의미하며, w_n 은 가중치를 의미한다.

3. 실험결과

본 제안한 다중 객체 추적 알고리즘을 위한 성능평가는 몇 가지 범용적인 데이터 셋을 이용하였다. 아래 그림 2 와 그림 3 은 각각, CAVIAR 데이터 셋과

PETS2009 데이터 셋의 추적 결과를 보여 준다. 성능 평가를 위해 본 논문에서는 다음의 4 가지의 요소들을 기반으로 성능을 평가하였다.

Recall: 올바르게 연결된 객체들/Ground truth 의 전체 객체들

Precision: 올바르게 연결된 객체들/추적결과에서 전체 객체들

FAF: 프레임당 평균 False alarms

IDS: ID Switch, 추적된 이동경로에서 연결된 ID 가 바뀌는 횟수

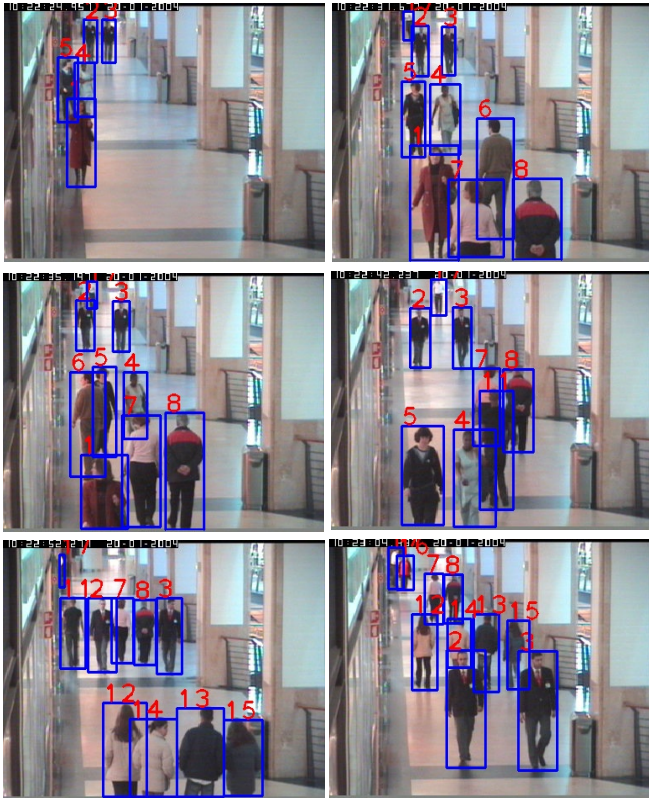
표 1 과 표 2 는 각각 CAVIAR 데이터 셋의 실험 결과와 PETS2009 데이터 셋의 실험 결과를 의미한다. 실험 결과를 통해 본 논문에서 제안한 기법이 기존의 방법들에 비해서 상대적으로 우수함을 알 수 있다. 특히 본 논문에서 제안한 시스템은 객체들간의 ID 가 바뀌는 횟수가 줄어들어 따라 시스템의 신뢰성이 더 높아졌다고 말할 수 있다. 이는 다중 객체 추적 중 부분적으로 관심 대상이 되는 단일객체 추적 시 보다 정확하게 추적이 가능함을 보여주게 된다.

<표 1> CAVIAR 데이터 셋 실험 결과

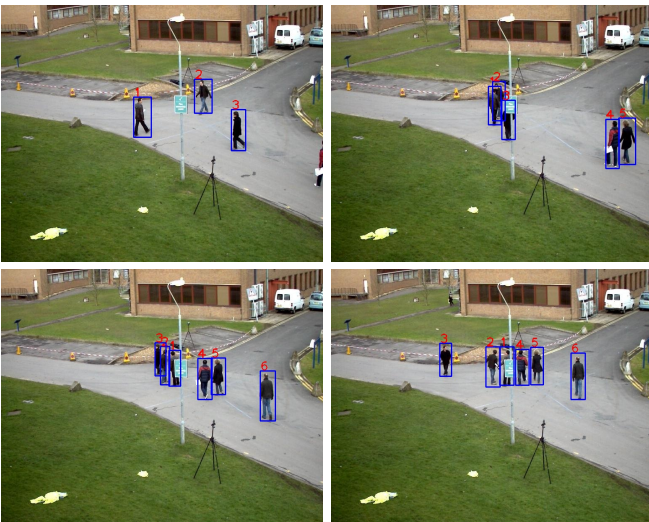
Method	Recall	Precision	FAF	IDS
Li[1]	89.0%	-	0.157	11
OLDAM[2]	89.4%	96.9%	0.085	11
PIRMPT[3]	88.1%	96.6%	0.082	4
Yang et al[4]	90.2%	96.1%	0.095	5
제안한 방법	89.9%	97.3%	0.083	4

<표 2> PETS2009 데이터 셋 실험 결과

Method	Recall	Precision	FAF	IDS
PIRMPT[3]	89.5%	99.6%	0.020	15
Yang et al[4]	91.8%	99%	0.053	1
제안한 방법	92.3%	98.9%	0.053	0



(그림 2) CAVIAR 데이터 추적 결과



(그림 3) PETS2009 데이터 추적 결과

4. 결론

본 논문은 Online Boosting 기반의 다중 객체 추적 시스템 개발에 관한 것으로, 추적 시스템의 더 높은 성능을 위해 공간적 제약 조건과 시간적 제약 조건을 이용하여 효율적으로 시스템을 설계하였다. 특히, 본 논문에서는 객체들끼리의 구별 성을 더 강화하기 위해 공간적 제약조건을 이용한 Grouping 개념을 적용함에 따라 추적시스템의 성능을 향상 시켰다. 본 다중 객체 추적 시스템에는 Grouping 개념이 포함되어 있기에 앞으로 군집환경에서의 객체의 Group 추적에도 유용하게 적용할 수 있다. 더 나아가 Group 들 간의 객체의 행동 패턴을 분석하여 상황인식에 대한 정보제공을 위한 시스템으로 확장이 가능하다.

Acknowledgment

본 논문은 한국연구재단(NRF Grant No. 2012-000-2420)의 지원을 받아 연구된 것입니다.

참고문헌

- [1] Yuan Li, Chang Huang, Ram Nevatia. "Learning to associate: HybridBoosted Multi-Target Tracker for Crowded Scene", CVPR 2009.
- [2] Cheng-Hao Kuo, Chang Huang, Ramakant Nevita. "Multi-Target Tracking by On-Line Learned Discriminative Appearance Models", CVPR 2010
- [3] Cheng-Hao Kuo, Ram Nevatia. "How does Person Identity Recognition Help Multi-Person Tracking", CVPR 2011
- [4] Bo Yang, Ram Nevatia. "An Online Learned CRF Model for Multi-Target Tracking", CVPR 2012