

# 의사결정 트리 기반의 다중 보행자 추적

유혜연\*, 김영남\*, 김문현\*  
 \*성균관대학교 정보통신대학  
 e-mail : {yu0529, hwarangjin, mhkim}@skku.edu

## Multiple Pedestrian Tracking based on Decision Trees

Hye-Yeon Yu\*, Young-Nam Kim\*, Moon-Hyun Kim\*  
 \*Dept. of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

### 요 약

컴퓨터 비전에서 다수의 보행자 궤적을 생성하는 문제는 여전히 어려운 문제이다. 전경에서 추출된 보행자 윤곽은 음영과 밝기 등의 문제로 윤곽이 명확하지 않고, 보행자들이 서로 다른 방향으로 움직이며 상호작용을 한다. 이로 인해 보행자를 식별하고 궤적을 생성하기에는 다소 어려움이 있다. 우리는 의사결정 트리를 사용하여 보행자 영역의 병합과 분할 상황을 개별 분리된 보행자로 검출한다. 검출된 개별 보행자는 점 대응 알고리즘으로 각 보행자의 궤적을 생성한다. 우리는 수정된 A\* 검색 알고리즘으로 새로운 휴리스틱 점 대응 알고리즘을 소개한다. 우리의 실험은 PETS2010 데이터 세트로 구현되고 실험했다.

### 1. 서론

오랜 기간동안, 추적은 컴퓨터 비전에서 중요한 주제이지만, 여전히 어려운 일이다. 컴퓨터 비전의 추적은 움직임을 예측하고 배경으로부터 전경 보행자 분할하여 이미지에서 움직이는 영역 검출로 구성된다. 한 보행자의 추적은 간단하다. 우리는 각 프레임에서 한 보행자를 쉽게 찾을 수 있으며, 궤적은 경과된 시간에 따라 검출된 보행자를 연결하여 만들 수 있다. 그러나 다수의 보행자 추적에서 궤적 생성은 더욱 복잡하다. 여러 보행자 추적에서는, 대상 보행자가 다른 한 보행자들 중 하나로 인식되거나 겹침과 같은 보행자간의 상호작용으로 검출되지 않을 가능성이 있다.

다중개체 추적은 일반적으로 point tracking, kernel tracking, silhouette tracking 으로 나눈다[1]. 이 중에서 점추적 방법은 포인트로 추적 대상을 표현하는 것이며, 대상의 속성을 추출되고 각각의 점으로 부여된다. 점 추적의 이러한 방법은 모션 대응을 필요로 하고, 일반적으로 통계적 방법과 휴리스틱 방법으로 분류된다. 통계적인 방법으로는, Multi Hypothesis Tracking (MHT)과 Joint Probabilistic Data Association Filters (JPDAF)가 있다. MHT 와 JPDAF 는 결합된 최적의 궤적으로 상호작용 문제를 해결했지만, 이 방법은 combinatorial hypotheses space 으로부터 문제가 발생한다. 또한, global optimization 은 complete sequence 를 통해 추적할 수 있지만, 실험에서 다양한 가정에서 제한된다.

globally optimum tracking 는 조합 할당 문제가 NP-complete 이기 때문에 어렵다. 점 추적방법[1][2]는 모든 프레임에서 모든 보행자를 검출하기 위한 외부 메커니즘이 필요하다. 다음 추적 문제는 이전 프레임에서 추적된 보행자를 현재 프레임에서 검출된 blobs 의 연결이 된다 [8]. 우리는 각 보행자를 점으로 표현된 각각의 다중 보행자를 모션 대응 방법[2]을 사용한 궤적 생성하는 연구를 이전에 제안했다. 실험 결과는 검출된 위치에서 가우시안 노이즈가 추가된 상황에서 우수하게 궤적을 생성하는것을 확인했다. 그러나, 실생활에서 추적 시스템은, 때로는 보행자가 검출단계에서 오류로 인해 blobs 의 여러 조각으로 나타난다. 또는 여러 보행자들이 서로 교차하고, 함께 근접하게 걷는 것과 같이 다른 보행자들과의 상호작용으로 병합된 blob 으로 검출된다. 따라서, 그룹으로 분할된 보행자의 blobs 와 병합된 둘 이상의 보행자를 포함하는 blobs 은 구분된다. 최근의 방법[9]은 최단 경로 알고리즘은 group blobs 에 적용됐고, 검출된 근접한 blobs 는 그래프로 표현했고, 처리된 blobs 는 이전 프레임에서 추적된 보행자와 연결하는데 사용된다.

본 논문에서는, 각각의 보행자에 대해 할당된 blob 으로 다중 보행자 추적 시스템을 제안한다. 우리의 방법은 이미지의 각 프레임에 보행자의 blobs 를 검출한다. 검출된 blobs 는 분할 blobs 의 의사결정 트리와 병합 blobs 의 의사결정 트리에 적용된다. 의사결정 트리는 blobs 를 병합 또는 분할로 식별한다. 식별된 blobs 의 병합 또는 분할 처리는 다음과 같이 보행자에 대해 할당된다. 두번째 단계에서, 현재 프레임의 각각의 blob 에 대해 이전 프레임에서 대응 blob 를 A\* 알고리즘을 이용해서 검색한다. blob 연계의 가능

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.  
 (NRF-2014R1A2A1A11053902).

성의 평가에 대한 휴리스틱 함수는 부드러운 모션 제약 조건에 따라 blobs 의 속도에서 계산된 membership 으로 FCM 을 사용해서 개발되었다.

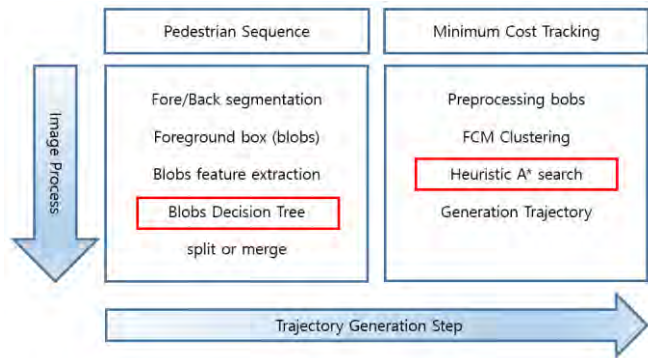
본 연구의 2 장은 우리가 제안하는 시스템을 설명하고, 3 장에서는 성능 분석 알고리즘의 실험 결과를 설명한다.



(그림 1) 검출된 보행자 blobs

2. 다중 보행자의 궤적

제안된 방법은 표 1 에 보여준다. 우리는 가우시안 혼합 모델을 사용하여 배경에서 전경을 분리한다. 분리된 전경은 blobs 의 구성되어 있다. 각 보행자의 blob 은 이전 프레임에서 영역, 경계, 종횡비, 질량, 중심, 평균색, blob 와 가장 근접한 거리 등과 같은 특징으로 표현된다. 이러한 특징은 training set 에서 학습을 통해 의사결정 트리를 구성하는데 사용된다. 학습된 의사결정트리는 분할된 blobs 또는 병합된 blobs 를 분류하는데 사용된다. 분할과 병합 처리는 각각의 보행자 blob 에 할당된다.



<표 1> 다중 보행자 궤적 생성 단계

이전의 프레임까지 추적된 보행자에 현재 프레임의 blob 를 연결하려면, 수정된 A\* 휴리스틱 검색 알고리즘을 고안했다. 각 blob 에 대해, 이전 프레임의 가장 가능성 있는 보행자는 유클리드 거리와 blob 의 속도 각의 차이와 보행자에 기반해 검색된다. FCM 클러스터링 알고리즘을 사용하여 설계된 각 blob 는 추적된 보행자 대응의 가능성을 계산하기 위해 휴리스틱 함수가 요구된다. 프레임의 전체 시퀀스에 보행자 blobs 의 연결은 단일 보행자에 대한 궤적으로 각각의 궤적을 만든다.

2.1 보행자 blobs 검출

이미지에서 검출된 blobs 의 수는 보행자의 수와 다르다. 이 단계에서 다수개로 검출된 blobs 의 한 보행자는 하나의 blob 으로 병합되어야 하고, 두 보행자를 포함하는 하나의 blob 는 두개의 blobs 으로 나뉘어야 한다. 병합과 분할 처리는 의사결정 트리를 사용하여 수행된다. 이 프로세스를 이해하고 트리 구조로부터 도출된 논리식으로부터 유효 속성을 수정하기 때문에 쉽게 결정 트리를 사용하여 분류 방법이 선택된다.

의사결정트리는 두 개의 blob 를 병합해야 하는지의 여부를 결정하는 병합트리와 한 개의 blob 를 분할하는지의 여부를 결정하는 분할트리를 생성한다. 각 트리는 positive 또는 negative 로 training set 을 분류한다. 실험에서 사용된 의사결정 트리는 Quinlan 에 의해 고안된 ID3 정보 이론적(information-theoretic) 알고리즘이다.

$$H(S) = -\sum_{x \in X} p(x) \log_2 p(x) \quad (1)$$

위의 수식은 ID3 의사결정 트리의 Entropy 를 구하는 식이며, 다음 수식은 Information Gain 을 구하는 공식이다.

$$IG(A, S) = H(S) - \sum_{t \in T} p(t)H(t) \quad (2)$$

각 보행자에서 추출한 blobs 의 특징은 의사결정 트리의 속성으로 사용된다.

2.2 궤적 연결 알고리즘

Blob 이 처리되면 t-1 프레임의 blobs 은 프레임 t 의 blobs 와 연결된다. 각 blob 는 blob 의 중심점으로 연결하여 FCM 의 소속도를 통한 신뢰도를 계산하고, A\* search 알고리즘에서 node 에 사용된다. A\* 알고리즘에 대한 휴리스틱 평가 함수를 개발하기 위해 우리는 클러스터 중심의 프레임 t 의 각 blob 를 가정하여 클러스터에 속하는 신뢰도를 측정한다. 이 때 소속 정도를 산정하기 위한 소속정도( $m_{ij}$ )와 에지정합도( $e_{ij}$ )의 합을 구하여 정합비용을 다음 수식과 같이 계산한다.

$$Z(U, C) = \sum_{i,j} (m_{ij}^{t-1})^p f(e_{ij}) \quad (3)$$

A\* search 알고리즘을 사용하여 계산된 비용에서 가장 적은 비용의 노드를 선택한다. 이를 연결하면 검출된 blobs 의 궤적이 생성된다.



(그림 2) 영상에서 생성된 보행자 궤적

그림 2 와 같이 클러스터 신뢰도를 적용하여 걸어가는 PETS 영상에서 성공적으로 궤적을 생성했다. 영상에서 보행자들의 궤적은 ground truth 에서 생성한 궤적과 일치한다.

### 3. 실험 결과

다수의 보행자에서 궤적을 생성하는 일은 어려움이 많다. 이전의 point correspondence tracking 연구는 다수의 궤적 생성에서 훌륭한 결과를 제시했다. 다수의 보행자를 추적에 이를 적용하기 위해서는 상호간의 작용이 가장 큰 이슈이다. 우리는 보행자들의 상호 작용 문제를 해결하기 위해 ID3 알고리즘을 적용한다. ID3 알고리즘은 보행자간의 겹쳐지는 blobs 를 split 와 merge 상황으로 정의한다. 실험에서 보행자를 표시하는 blobs 을 재정의하고, 대응 비용을 계산한다. 보행자 궤적은 a\* search algorithm 의 최소비용 노드의 연결이다. 우리의 실험방법은 point correspondence method 를 보행자 궤적에 적용하기 위한 몇 가지 제약조건을 해결했다. ID3 를 적용한 실험결과는 불명확한 보행자 blob 들을 split 와 merge 상황으로 분류한다. 그 후에 각 보행자의 궤적을 fuzzy c-means clustering 기반의 point correspondence method 로 생성한다. 실험의 결과는 상호작용을 고려하지 않은 point correspondence tracking 에 비해 미흡하다. 하지만 빈번한 상호작용의 보행자의 궤적을 생성하는데 성공적이었다. 재정의된 blobs 에서 연결된 궤적은 본 논문에서 실험하지 않았다. ID3 알고리즘을 통한 분류의 정확성 향상, 향상된 정확성을 가진 각 보행자의 궤적 생성, 다양한 실험 영상 등은 향후 연구과제로 진행할 예정이다.

### 참고문헌

- [1] Yilmaz, Alper, Omar Javed, and Mubarak Shah. "Object tracking: A survey." *Acm computing surveys (CSUR)* 38.4 (2006): 13. Roger S. Pressman. "Software Engineering, A
- [2] K. Y. Eom, J. Y. Jung, and M. H. Kim, "A heuristic search-based motion correspondence algorithm using fuzzy clustering", *International Journal of Control, Automation and Systems*, vol.10, no.3, pp.594-602, 2012
- [3] J. R. Quinlan, "Induction of Decision Trees", *Machine Learning*, vol.1, pp.81-106, 1986.
- [4] J. R. Quinlan, "C4. 5: programs for machine learning". Elsevier, 2014.
- [5] Bezdek, James C., Robert Ehrlich, and William Full. "FCM: The fuzzy c-means clustering algorithm." *Computers & Geosciences* 10.2 (1984): 191-203.

[6] Li, Xin, et al. "A multiple object tracking method using Kalman filter." *Information and Automation (ICIA), 2010 IEEE International Conference on. IEEE, 2010.*

[7] Caspi, Yaron, Denis Simakov, and Michal Irani. "Feature-based sequence-to-sequence matching." *International Journal of Computer Vision* 68.1 (2006): 53-64.

[8] Sebe, Ismail O., Suya You, and Ulrich Neumann. "Globally optimum multiple object tracking." *Defense and Security. International Society for Optics and Photonics, 2005.*

[9] Francois, Alexandre R. "Real-time multi-resolution blob tracking". UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA LOS ANGELES INST FOR ROBOTICS AND INTELLIGENT SYSTEMS, 2004.