

CCTV 영상의 동적 객체 탐지 및 추적 기술 동향

박 서 희, 전 준 철*

◇ 목 차 ◇

- | | |
|----------|--------|
| 1. 서 론 | 3. 본 론 |
| 2. 관련 연구 | 4. 결 론 |

1. 서 론

최근에 지능형 CCTV를 이용한 비디오 감시를 통하여 현재 환경을 모니터링하고, 사람과 차량의 움직임등과 같은 중요 관심 객체들을 탐지하고 추적하여 객체 활동에 대한 정보를 수집하는 수요가 급격히 증가하고 있다. 아울러 비디오로부터 획득한 동적 객체에 대한 탐지와 추적을 통해 객체의 인식 뿐만 아니라, 이들 객체의 향후 움직임이나 행위를 예측하고 유사시 이에 대비하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이를 위하여 최근에는 CCTV에 빅 데이터, 영상 처리, 인공지능과 같은 다양한 기술이 융합되어 이동 중인 개인이나 군중과 같은 객체의 전체적인 상황을 탐지하고 분석할 수 있는 기술로 발전되고 있다.

한편 기존 CCTV 영상 분석 연구에서는 주로 2차원 영상정보를 활용하여 객체를 추적하였으나 획득된 영상의 위상학적인 정보 부족으로 인한 객체 오인식과 같은 한계가 존재한다. 따라서 최근에는 2차원 영상정보가 가지는 한계를 극복하기 위하여 RGB 정보에 Depth Map(깊이지도) 정보를 결합하고, CCTV와 같은 실시간 환경에서 이동 객체의 상황을 분석하고 행위를 예측하기 위한 객체 탐지 및 객체 추적에 관한 방법이 활발히 진행되고 있다.

* 경기대학교 컴퓨터과학과 그래픽스 연구실

1) 본 연구는 경기도의 경기도지역협력연구센터사업의 일환으로 수행하였음. [2017, 콘텐츠융합소프트웨어 기반 국민안전 성숙모델 및 지능화 융합기술 연구]

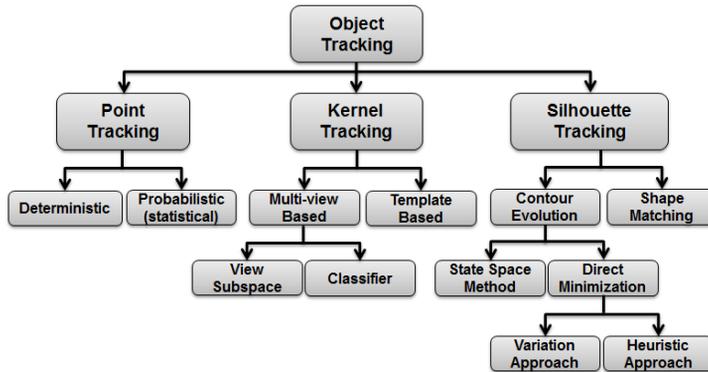
일반적으로 객체 추적에 관한 연구는 Motion-based recognition, automated surveillance, video indexing, human-computer interaction, traffic monitoring, vehicle navigation 분야에서 주로 사용되고 있으며, 객체 추적의 성능과 처리 속도 향상을 위해 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 객체 탐지 및 추적에 관한 전반적인 기술 동향과 기법에 대하여 기술하며, 현재 진행되고 있는 객체 탐지 기법 중, 객체 추적을 위한 특징 학습 기법과 RGB-D 영상을 통한 객체 추적 기법과 실험에 대해 소개한다.

2. 관련 연구

비디오 감시 시스템 내에서 움직이는 관심 객체를 감시하기 위해서는 객체탐지(Object Detection) 객체추거(Object Tracking), 그리고 객체인식(Object Identification)의 세 가지 단계를 거쳐야 한다.

2.1 Object Detection

카메라와 같은 영상 센서로 입력영상 정보를 수집한 후, 그레이레벨 스케일링이나 영상의 스모딩과 같은 영상의 전처리과정을 거쳐 관심 있는 객체를 감지하는 단계이다. 기본적인 객체탐지 방법으로는 영상에서 관심이 되는 지점을 탐지하고 조명과 뷰포인트에 대하여 불변하는 지점을 찾아내는 포인트 검출(point detection)이 있으며, 연속된 프레임으로 부터프



(그림 1) Different Tracking Categories

레이프 간의 차이를 찾아 배경모델을 분리하고 객체를 감지하는 배경제거방법(background subtraction) 방법이 있다. 또한 유사영역들로부터 이미지를 분할하는 영상 분할(segmentation)이 있다.

2.2 Object Tracking

객체 추적은 일정기간 동안 단일 이동 객체 또는 복수의 객체를 찾는 문제로 감지된 관심객체의 이동을 추적하는 과정이다. 이 단계에서 주로 사용되는 방법은 (그림 1)과 같이 포인트 추적(point tracking), 커널 추적(kernel tracking), 그리고 실루엣 추적 (silhouette tracking) 등으로 분류할 수 있다.

첫 번째 포인트 추적의 경우, 프레임 간의 점으로 표현되어 탐지한 객체를 대응하여 객체를 추적한다.

두 번째 커널 추적은 한 프레임에서 다음 프레임 상에서 프리미티브 객체 영역으로 표현되는 객체의 움직임을 계산하여 객체를 추적한다.

셋째로 실루엣 추적은 이전 프레임들을 사용하여 생성된 객체 모델을 이용해서 각 프레임의 객체 영역을 찾는다[1].

2.3 Object Identification

객체인식은 객체 추적 후에 시행되는 단계로, 관심 있는 이동객체가 감지될 경우에 시스템에서 객체의 특징을 추출하여 식별하는 단계이다.

3. 본 론

비디오 감시 시스템에서 동적 객체 탐지 및 추적을 하기 위해서 관심 객체가 객체를 탐지하고 탐지된 객체가 영상 내 존재하는 위치를 예측하는 과정이 이루어진다. 객체 탐지를 위해서는 객체의 특징을 추출하여 관심 객체의 모델을 만들어야한다. 영상 내에서 관심 있는 객체를 탐지한 후, 해당된 객체를 추적하기 위한 객체 예측 방법으로는 블록정합, 칼만 필터, 파티클 필터, 모션 모델 등이 있다.

3.1 기존 연구

블록 정합은 획득한 비디오 시퀀스의 두 프레임 사이의 움직임을 검출하는 것을 목적으로 한다. PISC (Peripheral Increment Sign Correlation)는 영상을 기반으로 만들어진 현재 프레임의 블록과 이전 프레임의 블록들을 비교하여 가장 유사한 블록을 찾는 과정을 통해서 관심 이동 객체를 추적하는 방법이다[2]. 이 방법은 단일 객체의 움직임 추적에는 적합한 방법이지만, 다중 객체가 움직이고 있는 환경에서 특정 객체의 움직임을 추적하는 것이 불가능하다는 단점이 있다. 한편 유사한 블록을 찾기 위한 방법으로는 TSS(Three Step Search), TDLS(Two Dimensional Logarithmic Search), DS(Diamond Search)등과 같은 탐색 알고리즘에 대한 연구가 진행되었다[3].

칼만 필터는 예측 단계와 보정 단계로 이루어진다.

예측 단계에서는 이전시간에 추정된 상태에 대하여 그 상태에서 사용자 입력을 가했을 때 예상되는 상태를 계산하며, 보정 단계에서는 예측상태와 실제 측정 상태를 토대로 정확한 상태를 계산하게 된다. 이러한 칼만 필터는 움직임을 기반으로 하는 다중 객체 추적 연구 등에서 사용되고 있다[4].

SMC(Sequential Monte Carlo) 방법이라고도 불리는 파티클 필터는 다양한 움직임의 다중 객체를 추정할 경우에 많이 쓰이는 방법이다. 연속적으로 입력된 영상 정보를 종합된 관측 값을 통해 객체의 정보를 예측한다. 이 방법은 칼만 필터와 비교하여 비선형, 비정규 분포 시스템의 잡음 환경에서도 확률 분포 해를 구할 수 있는 장점을 지니고 있다. 반면 연산량이 많고 최적의 파티클 개수를 결정하기 어려우며, 차원이 증가할수록 파티클의 개수가 증가해야 하는 단점을 지니고 있다. Sidibe 등은 이러한 파티클 필터에 색상 분포 모델, 돌출(saliency) 특징 정보와 같은 시각적 특징벡터를 결합하여 객체 간의 맞물림이 일어나거나 조명 상황이 심하게 변하는 경우에도 중요 객체를 추적할 수 있는 알고리즘을 제안하였다[5].

모션 모델은 단순한 예측기이면서 단순한 시스템들 사이에서 매우 일반적인 방법이다. 과거 관측 횟수에 기초하여 다음위치를 예측하는 것을 목표로 한다.

3.2 최근 연구 동향

객체 추적을 위해서 객체 탐지 과정은 필수적으로 거쳐야 하는 과정이다. 모두에서 언급한 바와 같이 객체 추적을 위한 객체 탐지 연구는 오랫동안 진행되어왔다. 객체 탐지를 위해서는 객체의 모델을 만들기 위하여 객체의 특징을 추출하여야 한다. 객체의 특징을 추출하기 위해 다양한 특징 추출 방법을 사용하는데, 최근엔 SIFT(Scale Invariant Feature Transform), SURF(Speeded Up Roust Feature)와 같이 미리 설계된 특징 추출 방법이 아닌 특징 학습 방법을 주로 사용한다. 이러한 특징 학습 방법은 미리 설계된 특징 추출 방법에 비해 더욱 범용적으로 사용할 수 있으며, 더 높은 정확도를 지닌다.

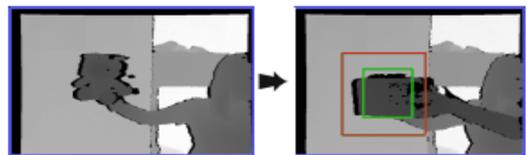
기존의 연구에서는 2차원의 RGB 영상을 이용한 객체 추적을 주로 다루었다. 그러나 기술이 발전함에 따

라 키넥트와 같이 깊이 영상(depth information)을 얻을 수 있는 촬영 장비가 나타나게 되었다. 키넥트를 통해 얻은 깊이 영상으로 카메라와 객체까지의 거리를 유추할 수 있고, 또 객체의 모양을 유추할 수 있다. 이와 같이 기존 보다 많은 정보를 이용해 객체 추적을 더 견고하게 하기 위하여 특징 학습 방법과 RGB-D를 이용한 연구 등이 진행되고 있다.

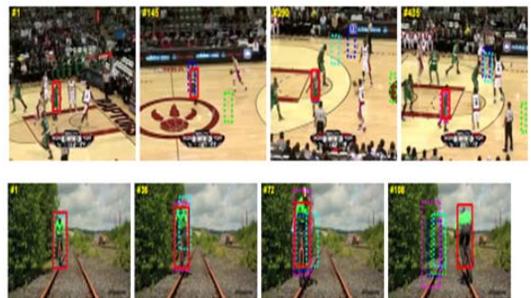
3.2.1 객체 추적 위한 특징 학습 방법

Shen et al.의 연구[6]에서는 깊이 영상을 이용한 희소 코딩(sparse coding) 방법을 이용해 실시간으로 견고한 객체 추적을 하고자 하였다. 해당 연구에서는 키넥트를 통해 실시간으로 깊이 영상을 얻었고, 지역적 깊이 패치에서 시그모이드 정규화 (sigmoid normalization)를 수행하였다. 이후 객체 추적 과정은 주성분 분석(PCA: Principal Component Analysis)를 기반으로 진행하였다.

Wang Li et. al의 연구[7]에서는 딥 러닝(Deep Learning) 알고리즘 중 하나인 CNN(Convolutional Neural Network)를 이용해 실시간으로 영상에서 객체를 추적하고자 하였다. 본 연구에서는 두 개의 레이어로 구성된 객체의 외부 특징 정보를 포함시켜 계층적 깊은



(그림 2) Shen et al. 의 객체 추적 실험



(그림 3) Wang Li et. al의 객체 추적 실험

특징 학습(deep feature learning)을 수행하였다. 그리고 추적하고자 하는 객체를 사전에 훈련시켜 특정한 도메인에서 실시간 추적이 가능하게 하였다. 이를 통해 복잡한 움직임과 외견 변화에 견고한 추적이 가능하게 되었다고 하였다.

3.2.2 RGB-D 영상을 이용한 객체 추적

Choi. et al. 의 연구[8]에서는 RGB-D 카메라로 얻은 영상을 이용해 실시간으로 객체 추적을 하고자 하였다. 본 연구에서는 파티클 필터(Particle Filter)를 사용하였는데, 이 때문에 발생하는 많은 정보를 처리하기 위해 GPU까지 사용하였다. 실제 RGB-D 장면의 파티클들의 가능성(likelihood)을 결정하기 위해 객체의 광학적 특징과 기하학적 특징을 모두 적용되었다.



(그림 4) Choi. et al.의 객체 추적 실험

Jordt et al.의 연구[9]에서는 RGB-D 영상을 이용해 객체 원형에서 변형된 객체를 추적하고자 하였다. 본 논문에서는 키넥트를 통해 얻은 RGB-D 정보로 변형된 객체의 모델을 생성할 시에 기존의 주된 3차원 객체 재건 방법인 SfM(Structure from Motion) 방법이 아닌 NURBS 방법을 사용하였다. 또한 실시간으로 객체 추적을 하기 위해 효과적인 최적화 알고리즘을 사용하였다.



(그림 5) Jordt et al.의 객체 추적 실험

최근에 소개된 연구에서는 CCTV 카메라 두 대를 이용하여 혼합가우시안 기법 배경 차 연산을 통하여 객체를 추출하고 Depth Map을 생성한 후, 컬러기반으로 분할된 객체정보와 깊이 정보를 클러스터링을 결합하여 객체를 탐지하고 추적하는 기술이 소개 되 객체와 결합하여 추적을 할 수 있다[10].



(그림 6) 객체 검출 결과 (상) 입력영상 (중) RGB 정보만을 이용한 객체 검출 결과 (하) RGB-D.정보를 이용한 객체 검출 결과

4. 결 론

본 논문에서는 비디오 영상으로부터 동적 객체의 탐지 및 추적 기술에 관하여 최근 진행되고 있는 연구 동향을 중심으로 기술하였다. 논문의 2장에서는 객체의 탐지 및 추적에 대한 기본개념을 소개 하였고, 3장에서는 객체 추적에 관한 기존의 연구와 최근 연구 동향에 관하여 기술하였다.

비디오 영상으로 부터의 객체 검출 및 추적에 관한 최근 연구는 과거의 연구에 비하여 다양한 정보(컬러 및 깊이 정보 등)를 모두 활용하여 강인한 객체 탐지 및 추적 알고리즘을 개발하고자 하였으며, 최근 인공지능의 발전과 더불어 딥 러닝등 인공지능 기법의 활용이 부각되는 전개 상황을 관측할 수 있었다. 따라서 향후의 해당 분야의 연구는 이러한 연구구조 하에 빅 데이터 및 지능 정보기술이 결합되고 다양한 영상정보를 효과적으로 활용할 수 있는 방향으로 발전 할 것으로 예측된다.

참고 문헌

- [1] R. Rout, "A Survey on Object Detection and Tracking Algorithms," 2013
- [2] YUTAKA Sato, S Kaneko, SATORU Igarashi, "Robust object detection and segmentation by peripheral increment sign correlation image," Trans. of the IEICE, 2001.
- [3] SS.R.Alvar, M. Abdollahzadeh, H. Seyedarabi, "A novel fast search motion estimation algorithm in video coding ," Industrial Electronics (ISIE), 2015.
- [4] Shantaiya, et. al. "Multiple Object Tracking using Kalman Filter and Optical Flow," 2015.
- [5] Byoung-Chul Ko, et. al. "Object Tracking Using Particle Filters in Moving Camera," 2012.
- [6] Shen, Shan-Chun, Wei-Long Zheng, and Bao-Liang Lu. "Online Object Tracking Based on Depth Image with Sparse Coding." Neural Information Processing. Springer International Publishing, 2014.
- [7] Wang, Li, et al. "Video tracking using learned hierarchical features." Image Processing, IEEE Transactions on 24.4, pp. 1424-1435, 2015.
- [8] Choi, Changhyun, and Henrik I. Christensen. "RGB-D object tracking: A particle filter approach on GPU." Intelligent Robots and Systems (IROS), 2013 IEEE/RSJ International Conference on. IEEE, 2013.
- [9] Jordt, Andreas, and Reinhard Koch. "Direct model-based tracking of 3d object deformations in depth and color video." International journal of computer vision 102.1-3, pp. 239-255, 2013
- [10] Seohee Park, Junchul Chun "3D CCTV-based Object Detection and Tracking Using RGB-D Information", The 12th Asia-pacific International Conference on Information Science and Technology(APIC-IST) 2017.

◎ 저 자 소 개 ◎

박 서 희(Seohee Park)



2017 B.S. in Computer Science, Kyonggi University, Suwon, Korea
 2017~Present : M.S. Student in Computer Science, Kyonggi University, Suwon, Korea
 Research Interests : Computer Vision, Human Activity Recognition
 E-mail : eehoeskrap@kgu.ac.kr

전 준 철(Junchul Chun)



1984 B.S in Computer Science, Chung-Ang University, Seoul, Korea
 1986 M.S in Computer Science(Software Engineering), Chung-Ang University, Seoul, Korea
 1992 M.S in Computer Science and Engineering (Computer Graphics), The Univ. of Connecticut, USA
 1995 Ph.D in Computer Science and Engineering (Computer Graphics), The Univ. of Connecticut, USA
 2001.02~2002.02 Visiting Scholar, Michigan State Univ. Pattern Recognition and Image Processing Lab.
 2009.02~2010.02 Visiting Scholar, Univ. of Colorado, Wellness Innovation and Interaction Lab.
 Research Interests : Augmented Reality, Computer Vision, Human Computer Interaction
 E-mail : jchun@kgu.ac.kr