

외형정보 기반의 객체 분할을 이용한 다중 객체 추적

김은주*, 김영주*

*신라대학교 컴퓨터 정보공학부

e-mail:ej895024@hanmail.net

Tracking Multiple Objects Using Appearance based Object Segmentation

Eun-Ju Kim*, Young-Ju Kim*

*School of Computer Information Engineering,

Silla University

요약

본 논문에서는 외형 정보 기반의 객체 정보 분할을 이용한 다중객체 추적을 다룬다. 일반적인 다중객체 추적 시스템은 움직임이 탐지된 다중 객체에 대한 외형(appearance) 정보를 이용하여 비강체를 정의하고, 객체의 일부 특징점이나 무게 중심점을 이용한 추적을 통해 객체간의 중첩(occlusion)이나 객체 분리(split) 등의 문제에 초점을 맞춘다. 무게 중심점 등을 이용한 추적은 장시간 추적하는 경우, 즉 움직임 방향 전환이 발생하는 경우에는 정확하고 매끄러운 추적이 불가능하다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 어파인 구조를 이용한 개별 객체 추적 기법을 적용하되, 객체에 대한 외형 정보를 바탕으로 객체 분리 및 객체별 어파인 구조 변환을 감지하여 정확하고 매끄럽게 다중 객체를 추적하는 알고리즘을 제안하고 성능을 분석한다.

1. 서론

실시간 다중 객체 추적(real-time multiple object tracking) 시스템은 정확성(accuracy)과 효율성(efficiency), 실시간성을 만족하여야 한다. 기존의 객체 추적 기법들은 제한된 환경 하에서 강체(rigid-object)의 움직임 변환에 대해서만 이러한 요건을 만족하도록 지원하고 있어 실세계에서 보다 더 다양한 환경과 비강체(non-rigid object)에 대해 시스템 요건을 만족하도록 많은 연구가 이루어지고 있다[1, 2, 3].

실시간 객체 추적 시스템은 일반적으로 실시간성을 만족하기 위해서 입력되는 연속 영상에서 특징점(feature points)을 추출하고, 이 점들에 대한 움직임 예측을 바탕으로 특징점의 움직임을 탐지하고 이를 이용하여 객체를 분리, 추적한다[1, 3].

어파인 구조를 이용한 독립 객체 추적 시스템은 객체의 움직임에 불변인 객체의 어파인 구조(affine structure)를 찾아 카메라 초점(gaze point)을 정의하고 대상 객체에 고정시킴으로써 비교적 정확하게 단일 객체를 추적할 수 있으며, 관측 방향 변환이나 객체 중첩 등을 효율적으로 해결할 수 있다. 그러나, 움직임이 객체가 강체임을 전제하여도 TK-factorization 기법 등

을 이용하여 카메라 초점의 움직임을 산출하는 연산을 반복적으로 수행하는 부담을 가지고 있다[1].

다중 객체 추적 시스템은 움직임이 탐지된 다중 객체에 대한 외형(appearance) 정보를 이용하여 비강체를 정의하고, 객체의 일부 특징점이나 무게 중심점을 이용하여 추적하면서 외형 정보 변환을 바탕으로 객체간의 중첩이나 객체 분리 등의 문제 해결에 초점을 맞추고 있다. 그러나, 무게 중심점 등을 이용한 추적은 장시간 추적하는 경우, 즉 움직임 방향 전환이 발생하는 경우에 정확하고 매끄러운 추적이 불가능하다[3].

본 논문에서는 추적중인 다중 객체에 대한 추적 시스템의 반응이 대상 객체에 정확하게 전달되는 것을 요구하는 정밀성 요건에 초점을 맞추어 다중 객체에 대한 외형 정보를 바탕으로 객체 분리 및 객체별 어파인 구조 변환을 감지하여 효율적으로 카메라 초점을 추출함으로써 정확하고 매끄럽게 다중 객체를 추적하는 알고리즘을 제안하고 성능을 분석한다.

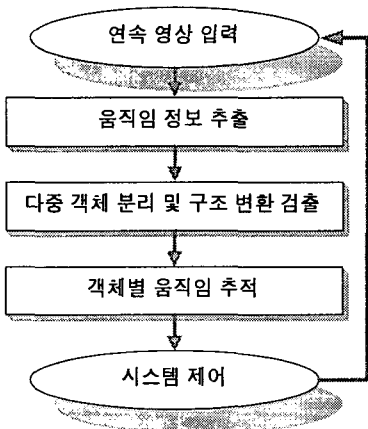
2. 관련 연구

독립 객체 추적의 대표적인 연구로는 어파인 구조를 이용한 객체의 움직임 추적[1, 2]을 들 수 있는데, 로봇

제어나 자동 항법 제어 등 정확한 인식 정보를 요구하는 응용 등에 적용된다. 다중 객체 추적의 연구로는 객체의 외형 정보와 이미지 문맥 정보, 상위 처리의 회귀 정보 등을 이용한 추적[3]을 들 수 있다. 뿐만 아니라 위와는 다른 관점에서의 다중 객체 추적에 대해서도 많은 연구들이 이루어져 왔는데, 최근 log-polar매핑 방법을 통한 다해상도 시각 모형을 이용한 객체 추적 시스템[4, 5]이 개발되었다.

3. 제안된 다중 객체 추적 시스템

본 논문에서 제안하는 다중 객체 추적 시스템은 [그림 1]과 같이 닫힌 반복 제어(closed-loop control)를 수행한다.



[그림 1] 제안된 시스템의 동작 흐름

3.1 칼만 필터를 이용한 특징점 추적

실시간 객체 추적 시스템은 대체로 연속적으로 입력되는 영상으로부터 움직이는 객체와 움직임 정보를 실시간으로 탐지하기 위하여 입력 영상의 특징점을 추출하여 활용한다. 또한, 특징점의 움직임을 검색하기 위한 연산을 줄이기 위해 이전의 움직임을 이용하여 현재의 움직임을 미리 예측하여 검색한다[6].

본 논문은 입력 영상으로부터 특징점을 추출하기 위하여 SUSAN(Small Univalued Segment Assimilating Nucleus) 특징점 검출 알고리즘을 적용하였는데[8], 특히 잡음에 강하고 이미지 구조를 그대로 보존하는 SUSAN 알고리즘의 특징을 활용하여 잡음이 많은 실세계 영상에 대해 특징점을 추출하도록 하였다.

그리고, 기존의 실시간 객체 추적 시스템들과 마찬가지로 일정 이미지 속도 기반의 칼만 필터(constant image-velocity Kalman Filter)를 이용하여 특징점의 움직임을 미리 예측하고, cross-correlation 기반의 블록 정합 기법을 활용하여 특징점 간의 정합을 찾아 움직임을 추적함으로써 특징점의 움직임을 추적하

도록 하였다. 또한 상하·좌우 회전이 가능한 카메라의 자기 동작(ego-motion) 요소를 칼만 필터의 제어 입력(control input) 변수로 고려함으로써 카메라 움직임에 대한 상대적인 객체의 움직임을 고려하였다[1, 6, 7].

3.2 외형 정보를 이용한 다중 객체 분리

다중 객체 추적 시스템에서 다중 객체 추출은 시스템의 정밀도와 성능에 크게 영향을 미칠 뿐만 아니라 다중 객체간의 중첩(occlusion)이나 분리(split) 문제를 해결하여야 한다[3].

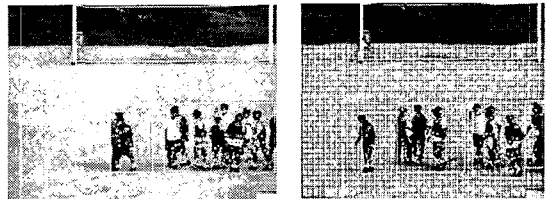
움직이는 다중 객체는 특징점들 간의 정합 관계와 움직임 정보를 활용하여 단순한 방법으로 분할함으로써 추출이 가능하나, 유사한 움직임을 가진 객체들에 대해서는 정확히 분류할 수 없다. 따라서, 본 논문에서는 fuzzy C-means clustering 기법을 활용하여 객체를 추출한다[9].

또한, 본 논문에서는 객체별 움직임 추적을 위해 어파인 구조를 이용한 고정점 추적 기법을 적용하는데, 이 기법은 관측 방향 변환이나 객체 중첩 등을 효과적으로 처리할 수 있으나 이를 위해 입력 프레임 이미지에 대해 매번 어파인 구조의 새로운 기준 점들을 찾기 위하여 많은 양의 연산을 수행한다[2].

이에 본 논문은 객체의 외형 정보를 이용하여 객체의 분리 시점 및 어파인 기준점 변환 시점을 판별함으로써 부가가 큰 연산 횟수를 줄이고자 한다. [그림 2(a)]는 객체 분리가 일어나는 시점을 보여주고 있으며, [그림 2(b)]는 관측 방향 변환으로 인해 어파인 기준점 변환 시점을 보여주고 있다.



(a) 관측 방향 변환



(b) 객체의 분리

[그림 2] 객체 외형 정보 변화

먼저 하나의 객체에 해당하는 영역에 대해 최소한의 외곽 사각영역(Rectangle Region)을 설정한 다음, 그

영역에 속한 특징점에 대하여 (식 1)과 같이 무게 중심 점에 대한 거리 편차 σ_d 를 구한다.

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^N \|f_i - f_d\|^2}{N}} \quad (1)$$

여기서, f_i : 특징점, f_d : 무게중심,
 N : 특징점의 개수

σ_d 를 두 개의 임계값(threshold), T_h , T_l 와 비교하여 T_h 보다 크면 객체가 분리되거나 기준점 변환이 발생한 것으로 판별하고, T_l 보다 작으면 객체 중첩 또는 기준점 변환이 발생한 것으로 판별한다.

객체 분리 상태로 판별되면 x축 및 y축에 대한 움직인 거리와 위치 정보를 바탕으로 fuzzy C-means clustering를 수행하여 객체를 분리한다. 그리고 객체 중첩 및 기준점 변환은 다음절의 고정점 추적 단계에서 새로운 기준점을 찾아 해결하도록 한다.

3.3 어파인 변환을 이용한 고정점 추적

개별 객체에 대한 움직임 추적은 보다 정확한 추적을 위하여 참고 문헌 [1]에서 제안된 어파인 변환을 이용한 고정점 추적 기법을 적용한다.

먼저 TK-factorization 기법을 적용하여 다음의 어파인 구조를 초기화한다[2].

$$S = [\alpha \ \beta \ \gamma] = \begin{bmatrix} \alpha_1 & \beta_1 & \gamma_1 \\ \alpha_2 & \beta_2 & \gamma_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \alpha_p & \beta_p & \gamma_p \end{bmatrix} \quad (2)$$

어파인 구조에 정합되는 이전 화면의 특징점에 대해 (식 3)을 최소 자승법으로 해결함으로써 기준점 행렬 h 를 구한다.

$$\begin{bmatrix} \alpha_1 & \beta_1 & \gamma_1 \\ \alpha_2 & \beta_2 & \gamma_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \alpha_p & \beta_p & \gamma_p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \\ h_{31} & h_{32} \\ h_{41} & h_{42} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ \vdots & \vdots \\ x_p & y_p \end{bmatrix} \quad (3)$$

어파인 구조를 새롭게 계산하는 방법은 (식 3)과 유사하게 (식 4)을 최소 자승법으로 해결함으로써 어파인 구조를 구한다.

$$\begin{bmatrix} h_{11} & h_{21} & h_{31} \\ h_{12} & h_{22} & h_{32} \\ h_{41} & h_{42} & h_{43} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x - h_{41} \\ y - h_{42} \\ x - h_{41} \\ y - h_{42} \end{bmatrix} \quad (4)$$

프레임 화면에서 고정점에 대응하는 어파인 좌표와 현재 프레임에서의 기준점 행렬 h 에 대해 (식 5)을 이용하여 새로운 고정점 좌표를 구한다.

```

MakeInitial_ObjectList(First_frame, Second_frame);
for (each successive image in the frame sequence)
{
    for (each object in the current object list)
    {
        KalmanFilter_Matching(
            Current_corners, previous_matched_corners);
        Compute_DistanceDev(matched_corners);
        FuzzyCmeansClustering(matched_corners);
        ComputeAffineBasis(
            affine_structure, matched_corners);
        Compute_AffineStructure(
            affine_basis, matched_corners);
        Compute_FixationPosition(affine_fixation_point);
    }
}
    
```

[그림 3] 다중 객체 추적 알고리즘

$$\begin{aligned} x_{gaze} &= ah_{11} + \beta h_{21} + \gamma h_{31} + h_{41} \\ y_{gaze} &= ah_{12} + \beta h_{22} + \gamma h_{32} + h_{42} \end{aligned} \quad (5)$$

4. 다중 객체 추적 알고리즘

본 논문에서 제안하는 다중 객체 추적 알고리즘은 개략적으로 [그림 3]과 같다.

먼저 처음 두 프레임 이미지에 대해 칼만 필터를 이용하여 특징점 간의 정합을 구하고 fuzzy C-means clustering 기법으로 초기 움직인 객체 리스트를 생성한다. 이후 프레임부터는 각 프레임에서 객체별로 추적을 수행한다.

Fuzzy C-means clustering 함수 및 어파인 구조 변환 함수는 객체별로 무게 중심에 대한 거리 편차와 임계값의 비교 결과를 바탕으로 하여 실행된다.

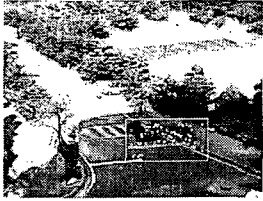
5. 실험 결과 및 분석

본 논문에서 제안된 다중객체 추적 시스템에 현재 구현된 결과는 다음과 같다.

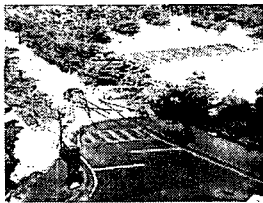
[그림 4(a)], [그림 4(b)], 그리고 [그림 4(c)]는 단일 객체에 대한 추적 결과를 보여주는 것으로 대체적으로 분리된 단일 객체에 대해서는 정확하게 추적함을 알 수 있다.

[그림 5(a)], [그림 5(b)], 그리고 [그림 5(c)]에서는 다중 객체에 대한 추적 결과를 보여준다. 특징 사항이 비슷한 속성을 가진 각 객체들은 하나의 객체로 인식되어지는데, 사각형 각각은 추적하는 객체 영역을 나타내고, 사각형 내의 십자 모양의 점은 어파인 구조를 이용하여 카메라 초점(gaze point)을 나타낸다. 또한 대각

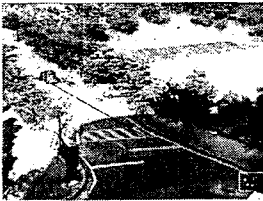
선은 움직임을 나타낸다. 5번째 프레임은 3번째 프레임으로부터의 다중 객체들이 하나의 클러스터로부터 분할되어지는 예를 보여주고 있다. 하지만 3번째 프레임에서처럼 중첩의 문제가 고려되지 않았다.



(a) 1번째 프레임



(b) 3번째 프레임



(c) 5번째 프레임

[그림 4] 단일 객체 추적 예



(a) 1번째 프레임



(b) 3번째 프레임



(c) 5번째 프레임

[그림 5] 다중 객체 추적 예

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 외형 정보 기반의 객체 정보 분할을 이용한 다중객체 추적을 다루었다.

다중 객체 추적 시스템의 정밀도에 초점을 맞추어 외형정보 기반의 다중 객체 추적기법에 fuzzy c-means clustering 기법을 이용한 객체분할과 어파인 구조를 이용한 고정점 추적 기법을 추가로 사용함으로써 보다 정확하고, 매끈하게 다중 객체의 움직임을 탐지 할 수 있었다.

또한, 칼만 필터 기반의 특징점 정합 기법 및 객체의 외형 정보를 이용한 객체 분리와 어파인 구조 변환 시점을 판별하여 불필요한 연산을 줄임으로써 실시간성에 근접하도록 하였다.

향후에는 제안된 객체 추적 시스템의 실시간성을 향상시키기 위해 움직임 정보 및 외형 정보를 효율적으로 활용할 수 있는 기법에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] I.D. Reid and D.W. Murray, "Active Tracking of Foveated Corner Clusters Using Affine structure," In Proc. International Conf. Computer Vision, pp.76-83, 1993.
- [2] S. Banerjee, A. Aggarwal, L. Kumar, P.Jain, G.S.Manku, "Object Tracking Using Affine Structure for Point Correspondences," Computer Vision and Pattern Recognition, 1997.
- [3] F. Bremond and M. Thonnat, "Tracking Multiple Non-rigid Objects in Video Sequences," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 8, No. 5, pp.585-591, 1998.
- [4] F.L. Lim, G.A. W. West and S. Venkatesh, "Tracking in a Space Variant Active Vision System," Proc. of 18th International Conference on Pattern Recognition, pp.745-749, 1996.
- [5] F. Panerai, C. Capurro and G. Sandini, "Space Variant Vision for an Active Camera Mount," Technical Report TR1/95, LIRA-Lab-DIST University of Genova, 1995.
- [6] L.S. Shapiro, H. Wang, and J.M. Brady. "A matching and tracking strategy for independently moving objects" In D. Hogg and R. Boyle, editors, Proc. 3rd British Machine Vision Conf., Leeds, pp.306-315. Springer-Verlag, September 1992.
- [7] Peter S. Maybeck, Stochastic models, estimation, and control volume1, Volume 1, Academic Press, Inc. 1979.
- [8] S.M. Smith and J.M. Brady, "SUSAN-A New Approach to Low Level Image Processing," Technical Report TR95SMS1c, Oxford University, 1995.
- [9] J.C. Bedek, etc. "Convergence Theory for Fuzzy c-Means: Counterexamples and Repairs," IEEE Trans. Syst., September/October 1987.