

## 특징 벡터를 이용한 이동 물체 추적

김세진\*, 전형석\*, 주영훈\*, 박진배\*\*

\* 군산대학교 전자정보공학부, \*\* 연세대학교 전기전자공학과

### Moving Object Tracking Method Using Feature Vector

Se Jin Kim, Hyung Suk Jeon, Young Hoon Joo, Jin Bae Park

\* School of Electronics & Information Engineering, Kunsan National University

\*\* Department of Electrical & Electronic Engineering, Yonsei University

**Abstract** - 본 논문에서는 특징 벡터를 이용한 강인한 물체 추적 방법을 제안한다. 먼저, 초기 이동 물체의 움직임 영역을 추출하고, KLT 알고리즘을 입력 영상에 적용시켜 특징 벡터들을 추출한다. 초기 추출된 이동 물체의 움직임 영역에 추출된 특징 벡터를 적용시켜 1차 정규화한다. 그 후, RGB 칼라모델과 HSI 칼라모델을 이용하여 이동 물체에 대한 Blob 영역을 설정하고 설정된 Blob 영역에 대해 1차 특징벡터를 Snake 알고리즘으로 동정하여 2차 정규화 과정을 마무리 한다. 최종 정규화 된 특징 벡터를 Particle filter에 입력 데이터로 이용하여 이동 물체를 추적 한다. 마지막으로, 복잡한 환경에서 실험을 통해 그 응용 가능성을 증명한다.

#### 1. 서 론

현재 가장 각광을 받고 있는 인간-컴퓨터(HCI, Human Computer Interaction) 기술은 인간의 생각이나 감정 그리고 의사 표현을 컴퓨터와 공유하고 상호 작용하기 위해 이용하고 있는 기술이다[1]. 이와 같은 기술 중에서 카메라에 입력되는 영상을 처리하여 인간으로부터 표출되는 의사 및 행위를 인식하고 상호 작용하며 정보를 공유 할 수 있는 기술을 바로 비전 기술이라고 한다. 현재 비전 기술은 인간과 컴퓨터/로봇간의 상호 작용 뿐만 아니라 인간의 편의를 도모하기 위해 다양한 곳에서 이용되고 있으며, 특히 군사적 보안(서비스 보완)분야에서 많은 연구가 매우 활발하게 진행 되고 있다. 일반적으로, 보안 시스템에서 비전 기술은 입력 영상에 진입한 물체에 대한 정보를 추출하여 움직임 패턴을 분석/인식하여 이동 물체를 추적하거나 알람 및 메시지를 전송하는데 이용 되고 있다. 이와 같은 보안 시스템에서 가장 많이 이용되고 있는 비전 기술은 바로 물체 추적 기술이다.

물체 추적 기술의 기존 연구 내용을 보면, Kalman-filter기반의 깊이 평가를 이용한 방법과 최소 제곱 평가를 Kalman-filter에 적용한 방법 [2-3], 적응적 칼라 모델을 이용한 물체 추적 방법과 칼라 히스토그램을 이용한 빛의 변화에 대한 물체 인식 등의 많은 연구가 진행되어 왔다 [4-5]. 하지만 이와 같은 방법론들은 칼라 모델을 기반으로 하고 있어서 빛의 변화에 강인한 반면, 이동 물체의 특징 벡터 또는 특징 영역 추출 면은 고려하지 않아 이용할 수 있는 데이터의 양이 제한적이다. 그리고 깊이 정보와 칼라 정보의 최소 제곱 평가 방법을 필터에 직접 적용하여 물체 추적에는 성공하였지만 다중 이동 물체 추적에서 겹침 현상이 발생하는 경우에 약한 면을 보인다.

본 논문에서도 이와 같은 문제의 해결하기 위해 강인한 이동 물체 추적 알고리즘을 제안한다. 먼저, 기존의 제안된 배경 제거 알고리즘(평균 값)을 통해 이동 물체의 대한 움직임 영역을 추출한다. 그리고 전체 입력영상에 대해 KLT 알고리즘을 이용하여 특징 벡터들을 추출한다. 초기 추출된 물체의 움직임 영역에 특징 벡터를 적용시켜 1차 정규화 한다. 1차 정규화 과정 후, RGB와 HSI 칼라모델을 융합하여 이동 물체에 대한 Blob 영역을 설정한다. 설정된 Blob 영역에 대해 1차 정규화 된 특징 벡터들을 Snake 알고리즘으로 동정하여 2차 정규화 과정을 마무리 한다. 마지막으로 최종 정규화 된 특징 벡터들을 Particle filter에 입력 데이터로 이용하여 이동 물체를 추적하는 방법을 제안한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 다중 물체 추적 시스템

본 논문의 시스템은 크게 세 단계로 구성되어 있다. 첫 번째 단계로 입력 영상에 대한 이동 물체의 움직임 영역을 기존에 제안된 방법(평균 값 배경 제거)을 이용하여 추출한다. 그리고 KLT 알고리즘을 이용하여 전체 영상에 진입한 모든 영역에 대한 특징 벡터들을 추출한다. 추출된 특징 벡터들을 초기 추출된 이동 물체 움직임 영역에 기준선 평균 정규화 기법을 적용시켜 1차 정규화 한다. 두 번째 단계로 정규화 된 특징 벡터들에 대한 보정을 한다. RGB 칼라 모델과 HSI 칼라모델을 이용하여 이동 물체에 대한 Blob 영역을 설정한다. 설정된 영역에 1차 정규화

된 특징 벡터들을 기준선 평균 정규화 기법(특징 벡터)에 적용시키고 이어서 Snake 알고리즘으로 동정하여 2차 정규화 한다. 세 번째 단계로 최종 정규화 된 특징 벡터들을 Particle filter에 입력 데이터로 이용하여 이동 물체를 추적 한다.

##### 2.2 특징 벡터 추출 및 1차 정규화 - KLT 알고리즘

입력 영상에 대한 전체적인 특징벡터를 추출한다. 추출에 이용되는 수식은 다음과 같다.

$$I(x, y, t + \tau) = I(x - \xi(x, y, t, \tau), y - \eta(x, y, t, \tau)) \quad (1)$$

$t + \tau$  시간 후의 영상은 이전 영상에서 모든 점들의 움직임 위치와 같다.  $\delta = (\xi, \eta)$  는 시간  $t$  에서  $t + \tau$  로 변할 때 점  $X = (x, y)$  에서의 변위이다. 만약, 시간  $t + 1$  일 때  $X$  의 좌표의 특징 점 정보는  $I(X + \delta; t + 1)$  정의된다. 연속된 입력 영상에서  $X$  좌표의 움직임 벡터  $d$  를 찾기 위해서  $\|\Delta d\| \leq \epsilon$  일 때까지 반복하여 특징 벡터 제공 오차의 합을 계산한다.

$$\epsilon = \sum_X [I(X + \delta; t) - I(X; t + \Delta t)]^2, \quad d_j = d_j + \Delta d_j \quad (2)$$

여기서,  $\epsilon$  는 특징 벡터의 제공 오차 합,  $d_j$  는 움직임 벡터이다. 추출된 입력 영상에 대한 전체 특징 벡터는 다음과 같은 기준선 평균 정규화 기법을 통해 5개의 특징 벡터로 정규화 한다.

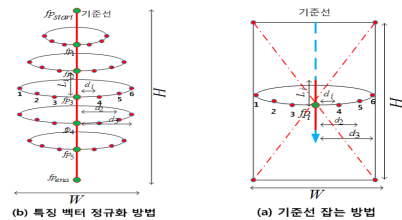


그림 1. (a) 특징 벡터 정규화 방법, (b) 기준선 잡는 방법

##### 2.3 이동 물체 Blob 영역 설정(제한) - RGB + HSI 칼라 모델

이 장에서는 RGB 칼라 모델 입력 영상으로부터 추출하여 이용한다. 그리고 RGB 칼라모델을 정규화 과정을 거쳐 HSI 칼라 모델로 이용할 수 있다. HSI 칼라 모델은 밝기 변화에 관계없이 색상 차이만을 비교할 수 있는 장점을 지니고 있다. 만약  $R + G + B \neq 0$  고  $r = g = b = 0$  이 아니면, 정규화 된 RGB칼라 모델은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$r = \frac{R}{R + G + B}, \quad g = \frac{G}{R + G + B}, \quad b = \frac{B}{R + G + B} \quad (3)$$

식(3)을 식(4)의 형태로 변형 시키면, HSI 칼라 모델이 된다.

$$I = \frac{1}{3}(r + g + b), \quad S = 1 - \frac{3}{(r + g + b)} [\min(r, g, b)] \quad (4)$$

$$H = \cos^{-1} \left[ \frac{\frac{1}{2} [(r - g) + (r - b)]}{\sqrt{(r - g)^2 + (r - b)(g - b)}} \right]$$

상기 이용되는 두 가지 형태의 칼라모델을 이용하여 이동 물체에 대한 Blob 영역을 설정한다.

## 2.4 특징 벡터 2차 정규화(동정) - Snake 알고리즘

스네이크 알고리즘은 내부와 외부 에너지 함수로 이루어져 있다. 다음은 내부와 외부 에너지 함수를 나타낸 식이다.

$$E_i^{Int} = |S_i - \|d_j - d_k\||, E_i^{Ext} = - \sum_{x=d_x-k}^{d_x-k+m} \sum_{y=d_y-k}^{d_y-k+m} \bar{I}_0(x,y) \quad (5)$$

여기서  $d_j$  와  $d_k$  는  $S_i$  과 인접한 특징 벡터이다.  $k$  는 특징 벡터와 실루엣 사이의 거리를,  $m$  은 탐색공간을 나타낸다. 최종적으로 에너지 함수  $E_i$  는 내부와 외부 에너지 함수의 볼록 합으로 나타내어진다.

$$E_i = K\bar{E}_i^{Ext} + (1-K)E_i^{Int} \quad (6)$$

$K$  는 볼록 합 파라미터,  $\bar{E}_i^{Ext}$  은 정규화 된 외부 에너지 함수 값이다.

$$\bar{E}_i^{Ext} = \frac{E_i^{Ext}}{\sum E_K^{Ext}} \quad (7)$$

여기서,  $K$  가 크면 실루엣에 더 민감하고,  $K$  가 작으면 비율에 민감하다. 결국,  $K$  의 크기에 따라 특징 벡터를 동정하여 2차 정규화 한다.

## 2.5 다중 물체 추적 - Particle filter 적용

이동 물체의 방향  $x_t$ , 위치  $d_t$ , 상태  $s_t$ , 라고 하면 시간  $t$  일때 이동 물체의 위치 예측하는 위치 식(8)은,

$$Bel(x_t) = p(x_t | s_t, d_t, s_{t-1}, d_{t-1}, \dots, s_0, d_0) \quad (8)$$

이와 같은 상태에서 새로운 위치로 이동 할 때 예측 식(9)은,

$$Bel^-(x_t) \leftarrow \int p(x_t | x_{t-1}, d_t) Bel(x_{t-1}) dx_{t-1} \quad (9)$$

$$Bel(x_t) \leftarrow \eta_t p(s_t | x_t) Bel^-(x_t)$$

다음 식에서  $p(x_t | x_{t-1}, d_t)$  은 물체의 움직임,  $p(s_t | x_t)$  은 현재 이동 물체의 위치에서 나타나는 상태 값이다. 그리고  $\eta_t$  는 정규화 상수이다. 가장치  $w_t$  를 가지는  $n$  개의 파티클 필터의 집합  $P_t$  는,

$$P_t = \{ \langle x_t^{(i)}, w_t^{(i)} \rangle | i = 1, \dots, n \} \quad (10)$$

여기서,  $x_t^{(i)}$  는 파티클의 위치와 방향,  $w_t^{(i)}$  는 각 파티클의 가장치이며 총 합은 1이다. 영상에 진입한 이동 물체의 수를 2명으로 제한하여 파티클 샘플 수는 각 물체에 대해 각각 2000개로 나누어 설정한다.

## 3. 실험 및 결과 고찰

본 실험에서 사용된 영상은 320\*240 크기의 24bit 칼라 영상이고 프레임 속도는 15frame/1sec이다. 먼저, 초기 이동 물체의 움직임 영역을 추출한 다음, KLT 알고리즘을 이용하여 전체 입력 영상에 대한 특징 벡터들을 추출 하였다. 그 후, 이동 물체 Blob 영역을 설정하여 1차 정규화 과정을 실시하였다. 결과는 그림 1을 통해 확인할 수 있다.



그림 1. (a) 입력 영상 (b) KLT 알고리즘 이용한 특징 벡터 추출 (c) 특징 벡터 1차 정규화

1차 정규화 과정 후, 특징 벡터들을 Snake 알고리즘으로 동정함으로써 2차 정규화 과정을 마무리 하였다. 정규화 벡터의 개수는 총 5개로 조절하였다. 마지막으로 최종 정규화 된 특징 벡터들을 Particle filter에 입력 데이터로 이용하여 각각 이동 물체의 대한 개별적인 추적이 가능함을 확인할 수 있다. 결과는 그림 2 와 3을 통해 확인할 수 있다.

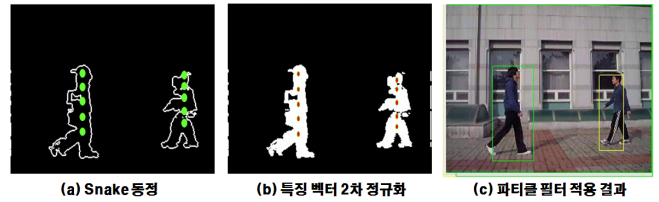


그림 2. (a) snake 알고리즘으로 특징 벡터 동정 (b) 특징 벡터 2차 정규화 (c) 파티클 필터를 적용한 물체 추적 결과



그림 3. 다중 이동 물체 추적 결과(단위 : frame)

## 4. 결 론

본 논문에서는 특징 벡터를 이용한 강인한 물체 추적 방법을 제안하였다. KLT 알고리즘을 입력 영상에 적용시켜 특징 벡터들을 추출하였고 초기 추출된 이동 물체의 움직임 영역에 특징 벡터들을 적용시켜 1차 정규화 하였다. 그 후, RGB와 HSI 칼라모델을 이용하여 이동 물체의 Blob 영역을 설정하였고 설정된 Blob 영역에 대해 1차 정규화 된 특징 벡터를 Snake 알고리즘으로 동정하여 2차 정규화 하였다. 최종 정규화 된 5개의 특징 벡터를 Particle filter에 입력 데이터로 이용하여 이동 물체를 개별적으로 추적하는 방법을 제안하였다. 마지막으로, 복잡한 환경에서 실험을 통해 그 응용 가능성을 증명하였다.

감사의 글 : 본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2009년 산학연 공동기술개발지원사업에 의해 연구되었습니다.

## [참 고 문 헌]

- [1] V. I. Pavlovic, R. Sharma, and T. S. Huang, "Visual Interpretation of Hand Gestures for Human Computer Interaction: A Review", IEEE, Transaction on PAMI, Vol. 19, No. 7, pp.677-695, July, 1997.
- [2] L. Matthies, T. Kanade, and R. Szeliski "Kalman filter based algorithms for estimating depth from image sequences". IJCV, 3(3):209-236, 1989.
- [3] H.W. Sorenson, "Least-squares estimation: From gauss to kalman", IEEE Spectrum, Vol. 7, pp. 63-68, 1970.
- [4] G. J. Jang, I. S. Kweon. "Robust Objects Tracking Using an Adaptive Color Model" IEEE Trans. International Conference on Robotics & Automation. Vol. 2, pp. 1677-1682, 2001. 5.
- [5] G. Healey and D. Slater, "Using illumination invariant color histogram descriptors for recognition", Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.355-360, 1994.
- [6] 김세진, 주영훈 "가상 모형을 이용한 움직임 추출 알고리즘", 한국지능시스템학회 Vol. 18, No. 6, pp. 731-736 2008. 6
- [7] Bruce D. Lucas and Takeo Kanade. "An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision", International Joint Conference on Artificial Intelligence, pages 674-679, 1981.
- [8] C. Garcia and G. Tziritas, "Face Detection Using Quantized Skin Color Regions Merging and Wavelet Packet Analysis", IEEE Trans. on Multimedia, Vol. 1, No. 3, pp. 264-277, 1999, 9.
- [9] C. Xu, and J. Prince, "Snakes, shapes, and gradient vector flow", IEEE. Transactions on Image Processing, 7(3) pp. 359-369, 1998.