

JPDA 필터를 이용한 다중 사람의 검지 및 추적

*이흥규, **고한석
 * 고려대학교 영상정보처리협동학과
 ** 고려대학교 전자공학과

Detection and Tracking of Multiple People Using Joint Probability Data Association

*Heungkyu Lee, **Hanseok Ko
 *Dept. of Visual Information Processing, Korea University
 ** Dept. of Electronics Engineering, Korea University
 hklee@ispl.korea.ac.kr, hsko@korea.ac.kr

요약문

본 논문은 다중의 사람을 동시에 검지 및 추적하기 위한 방법을 제안한다. 여러 명의 검지된 사람들이 교차해서 움직이거나 폐색(occlusion) 되어 움직이는 경우, 이를 검지하고 신뢰적으로 추적하기 위한 방법을 제시한다. 카메라의 시야 범위 안에 나타난 표적은 일정한 크기를 가지는 오브젝트이므로, 배경영상에서 전경 영상만을 분리하는 과정에서 오브젝트의 크기를 고려하여 표적을 검지 한다. 표적의 검지는 환경적인 요인에 의한 부가요소에 적응적으로 대처하기 위해 적응적인 영상 처리기법을 사용한다. 최종적으로 검지된 표적을 동시에 추적하기 위해 본 논문에서는 JPDA(Joint Probability Data Association) 필터를 이용하며, 표적간의 폐색을 처리하기 위한 방법으로 전이모델을 첨가해서 사용한다. 다중 표적의 추적에 관한 실험의 유효성 및 강인함은 다양한 실제 영상의 실험을 통해 입증한다.

I. 서론

다중의 물체를 검지하고 추적하는 문제[1]는 감시 시스템, 충돌 방지 시스템, 교통 관리 시스템, 자동항해 시스템 분야에서 다양하게 연구되고 있다. 그러나 이러한 다중의 물체를 검지 및 추적하는데 있어 트랙 초기화(track initialization), 물체의 기동(maneuver), 데이터 연관(data association), 오브젝트간의 폐색 등의 문제가 고려되어야 한다[2][3].

복잡한 배경 하의 다중 표적들이 움직이는 환경에서 카메라 시야 범위 안의 표적은 임의의 방향으로 움직이고, 다중 표적들은 카메라 시야의 거리 위치 차에 따라 폐색 되는 경우가 발생한다.

이와 같은 폐색의 발생은 표적의 자동적인 감시 상황 하에서 표적의 추적을 실패하게 만드는 원인이 된다. 따라서 폐색이 발생한 후나 추적이 실패한 후에 카메라 시야 범위 안에 나타난 표적을 다시 검지하여 추적하는 방법은 자동적인 표적의 감시 시스템이나 추적 시스템 등의 응용분야에서 효율적으로 사용될 수 있다.

본 논문에서는 다중 표적의 감시, 위치 결정 그리고 추적을 위해서 시간의 흐름에 따라 카메라 시야 범위 안의 표적들을 관리하고 정체성을 유지할 수 있는 표적의 관리 기법과, 표적의 폐색 여부 결정 및 처리 방법을 제안한다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 오브젝트 추적 시스템 흐름도를 나타낸다.

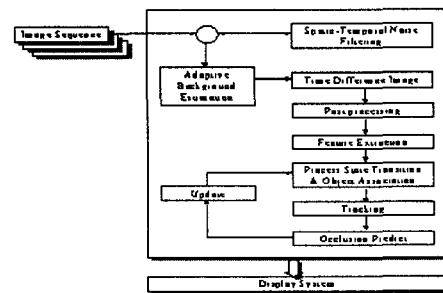


그림 1. 오브젝트 추적 시스템 흐름도

II. 다중 표적의 검지

표적의 검지는 연속적인 이미지로부터 움직이는 물체만을 분리해내기 위해 적응적인 배경 갱신 기법[4]과 움직임 분할 기법을 이용한다. 적응적인 배경 갱신 기법은 다음과 같이 환경적인 요인에 강인한 영상처리를 위해 도입된다.

$$B_{k+1} = B_k + (\alpha_1(1 - M_k) + \alpha_2 M_k) D_k \quad (1)$$

여기서 $M_k(x)$ 는 식 (2)와 같다.

$$M_k(x) = \begin{cases} 1 & |D_k(x)| > T_k \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

식(1)을 이용하여 적응적인 배경을 계산한 후에 시간 차를 이용하여 움직임이 일어난 요소만을 분리해 낸다. 여기서 외부적인 잡음을 제거하기 위해 시공간적인 정보를 이용하는 식 (3)의 움직임 기반의 필터링 기법을 적용한다.

$$\hat{S}(x, y, k) = (1 - \gamma)g(x, y, k) + \gamma g(x, y, k-1) \quad (3)$$

여기서 $g(x, y, k)$ 는 k 번째 입력 이미지를 나타낸다. $g(x, y, k-1)$ 는 $k-1$ 번째 입력 이미지를 나타낸다. 그리고 γ 는 식(4)와 같이 계산된다.

$$\gamma = \max\left\{0, \frac{1}{2} - \alpha |g(x, y, k) - g(x, y, k-1)|\right\} \quad (4)$$

위와 같이 연속적인 이미지 프레임으로부터 배경영상만을 분리해낸 다음 시간 차를 이용하여 움직임 영역을 검출하게 된다.

여기서 움직임 영역이라는 것은 이전 프레임과 비교해서 픽셀의 칼라 정보의 변화가 많다는 것을 나타낸다. 그러나 조명(illumination)으로 인하여 발생한 잡음은 조명의 위치에 따른 조명 제거 전처리 과정이 이루어지지 않는 한 이러한 잡음을 제거하기는 상당히 힘들다. 따라서 식(1)에서 (4)까지의 처리과정을 거치더라도 조명에 따른 잡음으로 인해 실제 움직임을 가진 오브젝트 이외에도 추가적인 잡음(false alarm)이 발생하게 된다.

본 논문에서는 이러한 잡음을 제거하기 위해 유효 영역(validation region)을 설정한다. 일반적으로 영상 센서에 감지된 오브젝트는 일정크기의 영역을 차지하기 때문에 오브젝트의 크기를 고려하여 추가적인 잡음을 제거하는 방법을 사용한다. 그림 2는 유효영역 설정을 했을 때와 하지 않았을 때의 검지된 표적을 비교한 것이다. 유효 영역을 설정했을 경우 추가적인 잡음의 양이 줄어든 것을 볼 수 있다.

본 논문에서는 이와 같이 실제 오브젝트와 추가적으로 발생한 잡음을 모두 표적이라고 간주한다.

III. 다중 사람의 추적

본 논문에서는 폐색의 여부에 따라 표적의 위치를 판단하여 폐색 예측 방법과 폐색 처리를 하기 위해 프로세스 상태 모드를 이용하는 방법을 제안한다.

우선 폐색 예측 방법은 칼만 필터에 포함되어 있는 예측 식을 사용한다. 본 논문에서 추적

알고리즘으로 사용된 JPDA 필터 안에 포함된 예측식 (5)을 사용한다.

$$\hat{X}(k+1/k) = F(k)\hat{X}(k/k) + u(k) \quad (5)$$

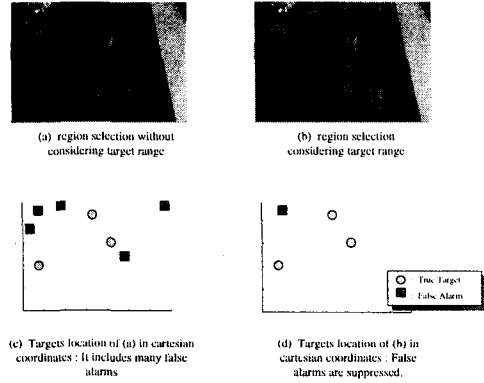


그림 2. 유효영역 설정을 통한 추가 잡음의 제거

여기서 $X(k+1/k)$ 는 시간 k 까지 축척된 측정값이 주어졌을 때의 시간 $k+1$ 에서의 상태 벡터를 나타낸다. $F(k)$ 는 상태전이 행렬을 나타낸다. 그리고 $u(k)$ 는 평균이 0인 화이트 가우시안 잡음을 나타낸다. 식(5)의 예측 식을 이용하여 예측된 위치에서의 오브젝트의 크기를 고려하여 폐색이 일어 발생할 것인가를 계산한다. 폐색이 발생한다면 폐색 필드는 1로 설정이 되고, 그렇지 않으면 0으로 설정된다. 그리고 현재 상태에서 실제로 폐색이 이루어졌는지는 검사하게 된다. 검사방법은 일정크기 이상의 오브젝트 영역을 가지는 블러브(blob)가 있는지를 조사하고 이전 프레임에서의 표적의 수와 현재 프레임에서 검지된 표적의 수를 비교하는 방식을 사용한다.

만약 위와 같은 폐색 조건에 만족하는 경우가 발생하면 폐색으로 간주하고 오브젝트 영역을 오브젝트의 움직임에 따라 분할하고 영역을 계산하게 된다. 오브젝트의 크기 정보는 이전 프레임에서의 오브젝트 크기를 적용한다. 오브젝트 영역을 다시 계산하는 방식은 식 (6)과 식(7)을 사용하며, 오브젝트의 움직임 방향에 따라 식(6),(7)의 순서가 적용되기도 하고, 식(7)(6)의 순으로 적용되기도 한다. 그림 3는 실험을 통해 나타난 예를 보여준다.

$$W_a = (W_{left}, W_{bottom} + O1_{height}, W_{left} + O1_{width}, W_{bottom}) \quad (6)$$

$$W_b = (W_{right} - O2_{width}, W_{top}, W_{right}, W_{top} - O2_{height})$$

$$W_a = (W_{right} - O1_{width}, W_{bottom} + O1_{height}, W_{right}, W_{bottom}) \quad (7)$$

$$W_b = (W_{left}, W_{top}, W_{left} + O2_{width}, W_{top} - O2_{height})$$

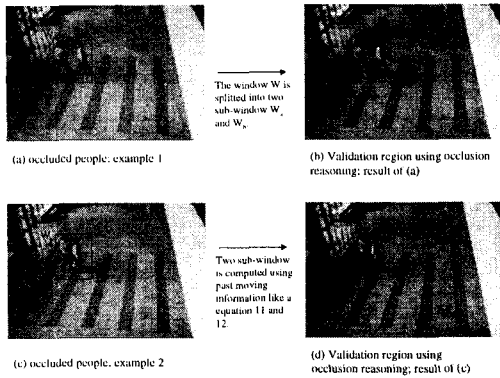


그림 3. 폐색 예측을 통한 유효영역 설정

그림 3과 같이 폐색 예측을 통한 유효 영역을 다시 설정하고, 각 오브젝트의 위치 값, 속도 등을 계산한다. 그리고 본 논문에서 사용된 JPDA 알고리즘의 상태 방정식의 입력 벡터로 사용한다. 다중 표적을 추적하기 위해 발생하는 문제에서 기동문제는 IMM(Interaction Multiple Model)을 사용하여 해결할 수 있다. 그리고 다중의 물체를 추적하는데 있어서의 연관(association) 관계는 확률적인 연관방법을 사용하는 JPDA 필터를 이용하였다. JPDA 알고리즘의 요점은 식 (8)과 같이 현재 시간 k에 속하는 연관 사건의 조건부 확률의 평가이다[1].

$$\theta = \prod_{j=1}^{m_k} \theta_{\mu_j} \quad (8)$$

여기서 θ_{μ_j} 는 식(9)와 같다.

$$\theta_{\mu_j} = \begin{cases} \text{measurement } j \text{ originated from target } t, \\ j = 1, \dots, m_k; \quad t = 0, 1, \dots, T \end{cases} \quad (9)$$

여기서 m은 표적의 수를 나타낸다.

본 논문에서는 기존의 JPDA 알고리즘에 폐색 처리를 위한 모듈을 추가로 삽입을 하였다. 폐색 예측에 따른 폐색 전이 모델을 삽입하였고, 폐색 전이는 그림 4와 같다.

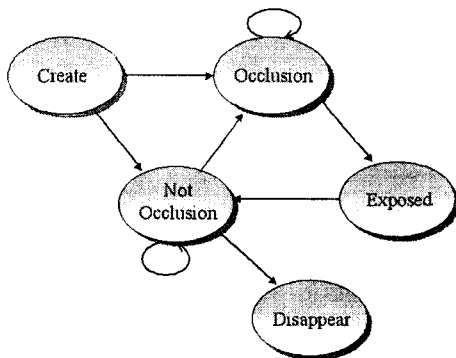


그림 4. 폐색 전이모델

그리고 그림 5는 폐색 모듈이 포함 된 JPDA 알고리즘의 흐름을 나타낸다.

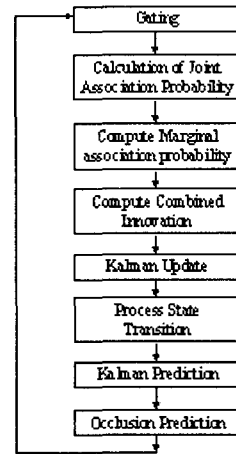


그림 5. 폐색 모듈이 포함된 JPDA알고리즘 흐름도

IV. 실험

본 실험에서는 240×320 크기의 초당 15프레임을 가지는 이미지 시퀀스 파일을 사용하였다. 총 180 프레임의 데이터가 오프라인으로 사용되었다. 실험해서 추적 대상은 사람이 되고, 두명의 사람을 동시에 추적한다. 실외에서 촬영된 데이터가 사용되었기 때문에 빛의 반사에 따른 잡음과 부가적인 잡음 요소가 추가되었다[5].

그림 6은 실험에 사용한 데이터로 실제 원본 영상과 적응적인 배경을 계산한 영상에서 움직임만을 추출한 영상, 그리고 유효영역 설정 및 레이블링을 통해 표적을 검지한 것을 나타낸다. 이러한 과정 속에서 표적의 위치 및 방향 정보를 계산하고, 두명의 사람을 동시에 추적하기 위해 JPDA 필터의 상태 방정식에 입력 벡터로 적용한다. 실험을 위해 사용된 파라미터에서 프로세스 잡음 분산은 10이 사용되었고, 관측 잡음 분산은 25가 사용되었다.

특징점을 기반으로 해서, 폐색 예측 모델을 포함한 JPDA알고리즘을 수행한 결과 그림 7과 같은 결과를 가지게 되었다. 오브젝트간의 폐색이 발생하더라도 신뢰적으로 두 명의 사람을 동시에 추적할 수 있었다. 그림 7은 한 사람이 왼쪽 아래에서 오른쪽 위로 움직임을 가졌고, 다른 한 사람은 중앙의 오른쪽에서 좌측방향으로 움직임을 가졌다. 따라서 영상의 중앙에서 이미지 프로젝션의 결과 서로 겹치게 나타났다.

본 실험의 우수성은 그림 7과 같이 실험적인 방식을 사용하였다. 실제 야외에서 획득된 데이터이기 때문에 실제 오브젝트의 위치 값을 계산하는데 많은 오차가 발생하기 때문에

관측결과와의 RMS 비교는 무의미하기 때문이다. 실험에서 사용한 영상 데이터에서 폐색 구간이 40프레임 구간 동안 일어났지만, 폐색 예측 모듈 및 폐색 전이 모델에 따라 신뢰적으로 오브젝트의 상태에 따라 추적 모듈이 잘 동작하는 것을 알 수 있었다. Kalman 필터나 PDA, JPDA, MHT 등과 같은 추적 알고리즘은 오브젝트의 정확한 위치와 속도, 운동모델 등이 잘 적용되었을 경우 신뢰적으로 추적 가능하게 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 상태 정보를 재계산을 통해 구함으로써, 추적 알고리즘의 신뢰성을 향상시킬 수가 있었다.

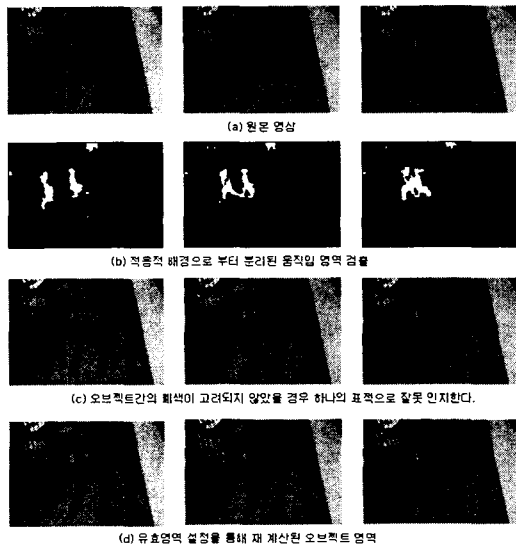


그림 6. 오브젝트 추출 및 폐색 예측을 통한 오브젝트 유효영역 설정

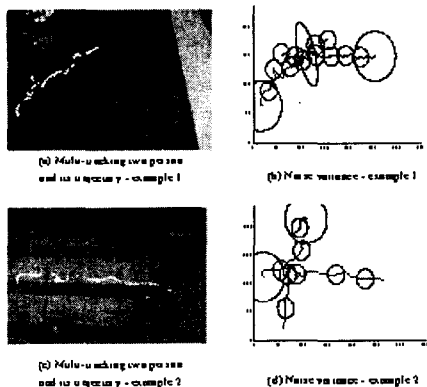


그림 7. JPDA 필터를 이용한 다중표적 추적 결과

V. 결론 및 향후연구계획

표적을 수행하는 문제에 있어서 장애물이나

표적간의 폐색으로 인해 추적하길 원하는 표적을 신뢰적으로 추적하는데 어려움을 가진다. 따라서 이와 같은 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 다중 물체를 추적 할 경우 발생할 수 있는 표적간의 폐색 문제 해결을 위한 방법을 제시했다. 향후 다양한 장애물이나 다양한 오브젝트의 움직임 모델을 고려한 다중 표적 추적에 관한 연구가 계속 수행될 것이다.

Acknowledgement

본 논문은 한국과학재단 특정기초사업(과제번호 : 1999-1-303-005-3)의 지원으로 연구되었음.

[참고 문헌]

- [1] Y. Bar-Shalom and X. R. Li, Multitarget-multisensor tracking: principles and techniques, YBS Press, 1995.
- [2] Kollnig, Nagel, Otte, "Association of Motion Verbs with Vehicle Movements Extracted from Dense Optical Flow Fields" In proc. ECCV94, 1994, pp. 338-350.
- [3] Richard R. Brooks and S. S. Iyengar, "Multi-Sensor Fusion : Fundamentals and Applications with Software", Prentice-Hall, 1998.
- [4] D. Koller, J. Weber and J. Malik, "Robust Multiple Car Tracking with Occlusion Reasoning", technical report UCB/CSD-93-780, University of California at Berkeley, October, 1993.
- [5] I. Haritaoglu, D. Harwood and L. S. Davis, "Hydra: Multiple People Detection and Tracking Using Silhouettes." Proc. of 1999 IEEE Workshop on Visual Surveillance, Fort Collins, Colorado, pp 6-13, June 1999