

모션에너지와 예측을 이용한 실시간 이동물체 추적

Real-Time Tracking of Moving Objects Based on Motion Energy and Prediction

박철홍*, 권영탁*, 소영성*

Chul-Hong Park*, Young-Tak Kwon*, and Young-Sung Soh*

요 약

본 논문에서는 물체가 서로 겹쳤다가 분리되는 상황하에서도 이동물체를 견고히 추적할 수 있는 모션에너지와 예측에 기반한 이동물체 추적 방법을 제안한다. 이동물체 추적은 이동물체의 추출 단계와 추출된 이동물체의 추적 단계로 나뉘는데 이동물체 추출을 위해서는 개선된 모션에너지 방법을 사용하였다. 이동물체 추적을 위해서는 이동물체 중심점의 이동위치를 거리와 방향정보를 이용, 예측함으로써 탐색공간을 줄여 실시간 추적이 가능하도록 하였다. 실험실에서 만든 모사 영상열과 실세계 영상열에 적용한 결과 겹침(occlusion)과 나타남(disocclusion)이 발생하는 경우에도 추적이 잘 이루어짐을 볼 수 있었다.

Abstract

In this paper, we propose a robust moving object tracking(MOT) method based on motion energy and prediction. MOT consists of two steps: moving object extraction step(MOES) and moving object tracking step(MOTS). For MOES, we use improved motion energy method. For MOTS, we predict the next location of moving object based on distance and direction information among previous instances, so that we can reduce the search space for correspondence. We apply the method to both synthetic and real world sequences and find that the method works well even in the presence of occlusion and disocclusion.

I. 서 론

이동 물체의 추적 방법은 <그림 1>에서와 같이 크게 특징점 추적과 이동영역 추적 방법으로 나눌 수 있다.

특징점 추적은 영상열내에 특징을 이룰만한 점들이 존재한다고 가정하고 그 점들을 추적하는 방

법이며 최적화 방법[1], 예측 방법[2], 그리고 점상용 방법[3]이 있다. 특징점 추적은 잡음에 매우 민감한 반응을 보이는 단점을 가지고 있다.

최적화 방법은 영상열내 특징점들의 움직임이 연속적이며 부드럽다는 smoothness 제약을 적용하여 특징점들을 추적할 때 가능한 모든 추적경로의 조합중에서 부드러운 정도를 극대화시키는 것을 선택하는 방법으로 초기값은 필요없으나 처리시간

* 명지대학교 전자정보통신공학부(Dept. of Info. & Communication Eng., Myong Ji Univ.) / 정보통신교육연구센터

· 논문번호 : 98-2-4

· 접수일자 : 1998년 7월 1일

· 본 논문의 연구는 일부 정보통신부의 정보통신 우수시범학교 지원사업에 의하여 수행되었음.

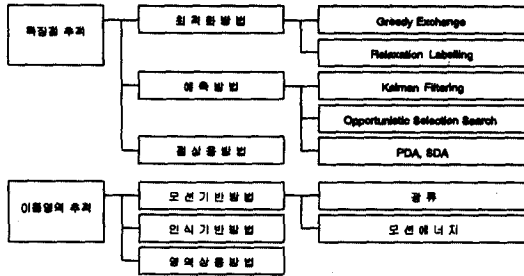


그림 1. 이동물체 추적 방법에 관한 분류
 Fig. 1. Classification of moving object tracking methods.

이 오래 걸린다. Greedy exchange, Relaxation labelling 등의 방법이 여기에 속한다. 예측 방법은 이전 추적 자료를 근거로 앞으로 특징점이 나타날 수 있는 장소를 예측하고 예측된 영역내의 실제 특징점들 중에서 추적된 점을 정하는 방법이다. 따라서 최적화 방법에 비하여 처리시간은 짧으나 초기값을 필요로 한다. Kalman filtering[4], Opportunistic selection search[5], PDA(Probabilistic Data Association) 방법이 여기에 속한다.

이동영역 추적은 추적대상 물체를 점들의 집합인 영역으로 보고 추출된 영역의 위치정보를 이용하여 추적하는 방법이다. 전체 영역에 대한 추적 개념으로서 특징점 추적과는 달리 잡음에 비교적 둔감한 특징을 갖는다. 여기에는 모션기반 방법[6]~[12]과 인식기반 방법[13]~[16], 그리고 영역상용 방법[17]~[21]이 있다.

모션기반 방법은 영상내에서 실제로 발생한 움직임 자체를 찾아내어 추적하는 방법으로 광류나 모션에너지를 사용한다. 특히 모션에너지 방법에서는 다양한 형태의 temporal filter 를 사용할 수 있다. 인식기반 방법은 영상열내 각 물체를 인식하고 인식결과를 바탕으로 추적하는 방법으로 고급 처리과정인 인식과정이 필요한 관계로 어렵고 오랜 처리시간을 필요로 한다. 영역상용 방법은 물체를 인식하지는 않으나 각 영상에서 구해진 영역을 잘 묘사할 수 있는 특징(모양 등)과 영역의 위치정보 등을 사용하여 영역을 상응시킴으로써 추적을 행하는 방법이다.

이동물체 추적은 크게 이동물체 추출 단계와 추출된 이동물체의 추적 단계로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 이동물체 추출을 위해서 양상규 등[22]이 제안한 모션에너지 방법을 개선하여 처리시간을 단축하였다. 이동물체 추적을 위해서는 물체의 등속도 및 부드러운 궤적 운동을 가정하고 이동방향을 예측하여 상응을 행하는 방법을 사용하였다.

II. 관련 연구

Murray et al.[23]은 이동물체의 움직임을 추출하기 위해 연속된 두 프레임의 입력 영상을 사용한 프레임 차이(frame difference) 방법을 소개했으며 정적 카메라 및 동적 카메라 모델을 모두 다루었다. 이동물체의 이동에지(moving edge)를 구하기 위해 연속된 두 프레임을 사용하여 이전 영상과 현재 영상의 차영상을 얻고 현재 영상의 에지영상을 추출한 후 이들 영상에 이진화(threshold)와 논리곱(AND) 연산을 적용하였는데, 이렇게 얻어진 결과값은 이동물체에 의해서 가려져 있던 배경영상이 이동 에지로 나타나게 되는 단점이 있었다. 이의 해결을 위해 양상규 등[22]은 그림 2처럼 연속된 세 프레임을 사용하는 방법을 제안하였다. 여기서 F_{t-1} , F_t , F_{t+1} 은 연속된 세장의 프레임임을 나타낸다.

이 방법을 사용하면 가려졌다가 다시 나타나는 배경 영상의 에지 부분을 제거한 정확한 이동에지를 추출할 수 있으나 곱(MULTIPLY) 연산의 수행에 많은 시간이 소요되는 단점이 있다. 또한 Murray et al.[23]의 방법과 마찬가지로 추적의 첫 단계인 이동물체의 추출만이 이루어져 실질적인 추적은 이루어지지 못하였다.

소영성[24]은 칼라 영상열에서의 이동물체 추적 방법을 제안하였는데, 그림 3과 같이 FCM(Fuzzy C-means)을 이용하여 칼라영상을 분할하고 분할된 각각의 칼라 군집에 대해 독립적으로 이동물체에 대한 추적을 행하였다.

탐색공간 축소를 위해 칼라군집에 칼만필터

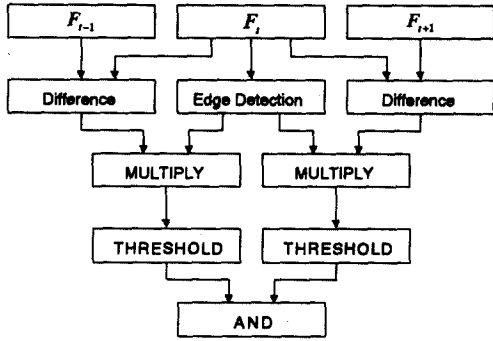


그림 2. 양상규 등[22]이 제안한 이동에지 추출방법
Fig. 2. Moving edge extraction method by Yang et al.[22]

(Kalman filter)를 적용하여 예측 이동영역을 먼저 구한 후 거리변환에 기반을 둔 하우스돌프 거리(Hausdorff distance)를 이용하여 영역의 에지에 부분정합을 행함으로써 추적을 행하였다. 그러나 FCM 알고리즘과 하우스돌프 거리 계산은 처리시간이 오래 걸리므로 실시간 문제에 적합하지 않은 단점이 있다.

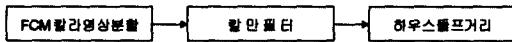


그림 3. 소영성[24]이 제안한 칼라영상에서의 이동물체 추적방법
Fig. 3 Moving object tracking in color image sequence by Soh[24].

본 논문에서는 이 방법들의 단점을 보완하여 실시간 문제에 직접 적용할 수 있는 효율적인 이동물체 추적 방법을 제안한다.

III. 제안된 방법

2-1. 이동물체 추출

그림 4에 개선된 이동물체 추출방법이 나타나 있다. 그림 2와 비교하면 곱, 이진화, 논리곱의 형태가 이진화, 논리곱, 논리곱의 형태로 바뀌어 있

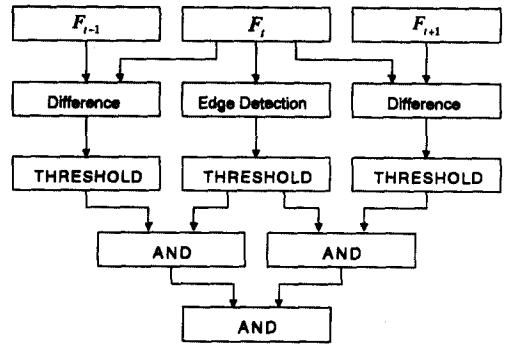


그림 4. 개선된 이동에지 추출방법
Fig. 4. Improved moving edge extraction method.

다. 곱 연산을 배제함으로써 기능은 그대로 유지하면서 처리시간의 획기적인 개선을 이룰 수 있다. 몇 종류의 실험 비디오로 실제 실험을 해본 결과 PC586과 Matrox Meteor 영상 보드하에서 그림 2 방법의 곱, 이진화, 논리곱 수행에는 평균 45.07 msec/frame이 소요된 반면 그림 4 방법의 이진화, 논리곱, 논리곱 수행은 평균 22.87 msec/frame으로 수행속도가 2배 이상 빨라졌음을 알 수 있었다.

3-2. 이동물체 추적

이동물체의 추적은 예측과 상응의 두 단계로 이루어진다.

3-2-1 예측

시간에 따라 움직이는 이동물체의 다음 시점에서의 위치를 미리 예측함으로써 탐색공간을 줄일 수 있는데 본 논문에서는 이동물체의 움직임에 대해 다음 두 가지를 가정한다.

- 등속도 운동

이동물체는 거의 비슷한 속도로 움직인다. 즉 가속과 감속의 요소는 거의 없다.

- 부드러운 궤적 운동

이동물체의 이동 방향은 급하게 변하지 않는다. 즉 방향 변화량이 매우 작다.

이상의 두 가지 가정은 물체가 거의 일정한 속

도로 움직이고 영상 표본의 주기가 충분히 짧을 경우 현실적인 가정이라 생각된다.

그림 4의 방법을 통해 이동물체가 추출되면 그림 5에 도시한 것과 같이 각 시점에서의 물체 중심점 좌표를 구하고 이동방향과 거리를 다음과 같이 예측한다.

$$\hat{c}_{t+1} = \begin{pmatrix} \cos \theta_{t+1} & -\sin \theta_{t+1} \\ \sin \theta_{t+1} & \cos \theta_{t+1} \end{pmatrix} \vec{b} + c_t$$

여기서, \hat{c}_{t+1} : 시간 $t+1$ 에서의 물체 중심점 예측 위치

θ_{t+1} : 시간 $t+1$ 에서의 물체 중심점 예측 방향

c_t : 시간 t 에서의 물체 중심점 실측 위치

θ_t : 시간 t 에서의 물체 중심점 실측 방향

\vec{b} : c_{t-1} 과 c_t 를 잇는 벡터

\vec{a} : c_{t-2} 와 c_{t-1} 를 잇는 벡터

$$\theta_t = \cos^{-1} \left(\frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| |\vec{b}|} \right)$$

$$\theta_{t+1} = \frac{\theta_t + \theta_{t-1}}{2} \text{ 이다.}$$

위 과정을 통해 \hat{c}_{t+1} 이 결정되면 \hat{c}_{t+1} 을 중심으로 하는 반경 d 의 구역을 예측 영역으로 설정한다.

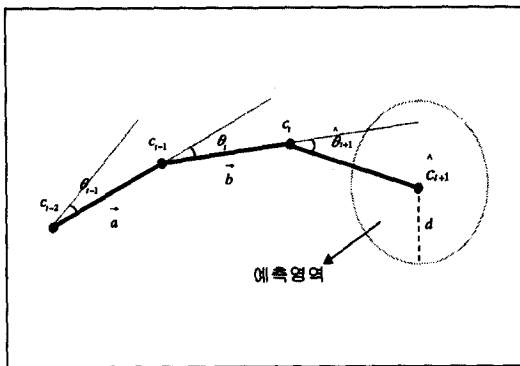


그림 5. 거리와 방향정보를 이용한 예측
Fig. 5. Prediction by distance and direction information.

3-2-2 상 응

상응방법은 t 시점에서 이미 계산되어 알고 있는 $t+1$ 시점에서의 예측치 \hat{c}_{t+1} 과 $t+1$ 시점에서 실제 추출되는 이동물체(들)의 중심점간의 거리를 계산하여 다음과 같이 선택한다.

$$\min_{i \in \text{예측영역}} \| c_{t+1}^i - \hat{c}_{t+1} \|$$

여기서 c_{t+1}^i 는 $t+1$ 시점에서의 i 번째 물체의 실측위치이고 이 식을 최소화시키는 i 가 \hat{c}_{t+1} 과 상응하게 된다.

3-3. 겹침과 나타남 현상이 있는 상황에서의 추적

겹침과 나타남 현상이 있는 경우 1-to-1 상응이 불가능하기 때문에 별도의 추적 관리가 필요하다. 우선 겹침과 나타남 현상의 탐지가 이루어져야 하고 다음으로 추적 관리가 필요하다.

3-3-1 겹침과 나타남의 탐지

한 프레임에서 두 개의 다른 물체가 다음 프레임에서 한 개의 물체로 상응이 된 경우 겹침의 발생을 탐지한다. 나타남의 탐지는 겹침이 탐지되기 바로 전 프레임의 두 물체가 겹침 현상이 진행되는 동안 한 물체에 상응되다가 다시 다른 두 물체에 상응되기 시작하는 순간을 포착함으로써 이루어진다.

3-3-2 추 적

겹침이 발생하면 겹침에 참여하는 두 물체의 예측지점에 실제 물체가 있는 것처럼 가정하고 예측치에 기반하여 독립적으로 추적을 행하다가 두 물체의 독립적인 예측 영역에 각기 다른 물체가 등장하면 나타남의 탐지와 함께 실제 물체를 추적하는 정상적인 추적 과정을 수행한다. 즉, 겹침이 나타나기 전까지는 예측 위치로부터 결정된 실측 위

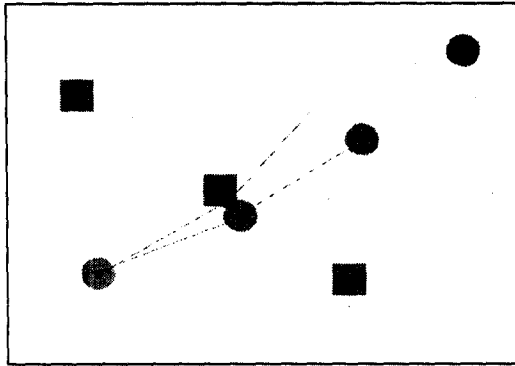


그림 6. 겹침 상황에서의 추적

Fig. 6. Tracking in the presence of occlusion.

치에 기반하여 추적을 행하다가 겹침이 탐지되면 예측 위치에만 기반하여 추적을 행하고 나타남이 탐지되면 다시 예측위치로부터 결정된 실측 위치에 기반하여 추적을 계속하게 된다.

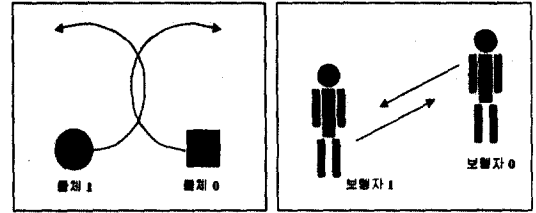
겹침 탐지후 겹침이 계속되는 동안의 추적에 예측 위치만 사용하는 이유는 실측위치가 두 물체의 겹침으로 인해 많이 왜곡되어 있을 수 있기 때문이다.

그림 6은 겹침 상황에서의 추적을 나타내는데 (·)는 물체 중심의 실측위치이고 (+)는 예측위치이다. (●)과 (■)가 겹쳐 있는 곳의 물체중심 실측 위치는 (·)이나 본 방법에서는 이 실측위치 대신 예측위치인 (+)를 추적에 사용한다.

IV. 실험 결과

겹침과 나타남이 발생하는 두 종류의 영상열을 준비하여 제안된 방법을 적용하였다. 그림 7은 두 영상열내 물체의 이동 방향을 나타낸 것이다. 영상열 1은 실험실에서 만든 모사 영상열인데 각각 곡선운동을 하고 있는 사각형(■)과 원형(●) 모양의 두 개의 이동물체를 나타낸 것이며 물체의 모양이 이동과정중에 변하지 않는 rigid motion 형태이다.

그리고 영상열 2는 교내 산책로를 서로 마주치며 걸어가는 학생들의 모습을 실시간 취득한 것으로 배경영상이 복잡하며 특히 이동중인 보행자의



(a) 영상열 1

(b) 영상열 2

그림 7. 겹침과 나타남이 발생하는 실험 영상열

Fig 7. Experimental sequences with occlusion and disocclusion.

모습에 변화가 있는 articulated motion 형태이다.

그림 8에 영상열 1에 대한 실험 결과가 나타나 있다. 그림에서 점(·) 표시는 이동물체의 실측 중심점을 나타내고 물체의 이동방향 앞쪽으로 나타낸 +와 x 표시는 각 물체의 다음 시점에서의 예측치를 나타낸다.

또한 이동물체를 감싸는 테두리 상자 아래쪽에 표시된 번호는 상응된 결과를 나타낸 것이다.

그림 8의 (c)와 (i)에서 겹침이 발생하고 있으며 (d)와 (j)에서 나타남이 발생하고 있다. 겹침과 나타남이 반복되는 상황하에서도 사각형 물체는 "0"으로, 원형 물체는 "1"로 계속 상응이 되어 추적이 잘 이루어지고 있음을 알 수 있다.

그림 9는 영상열 2에 대한 실험 결과인데 (c)와 (d)에 걸쳐 겹침이 발생하고 있으며 (e)에 나타남이 발생하고 있다. 그림 8의 경우와 마찬가지로 보행자에 대한 추적이 잘 이루어지고 있음을 볼 수 있다.

V. 결 론

이동물체 추적은 크게 이동물체 추출 단계와 추적 단계로 나뉜다. 본 논문에서는 이동물체 추출을 위해 Murray et al.[23]과 양상규 등[22]이 제안한 모션 에너지 방법의 단점을 개선한 새로운 방법을 제안하였으며 이동물체 추적을 위해서는 이동물체가 등속도 및 부드러운 궤적 운동을 한다는 가정하에 거리와 방향을 예측하여 예측 영역을 구하고 영역내 존재하는 실측치에 대해서만 최소거리법을

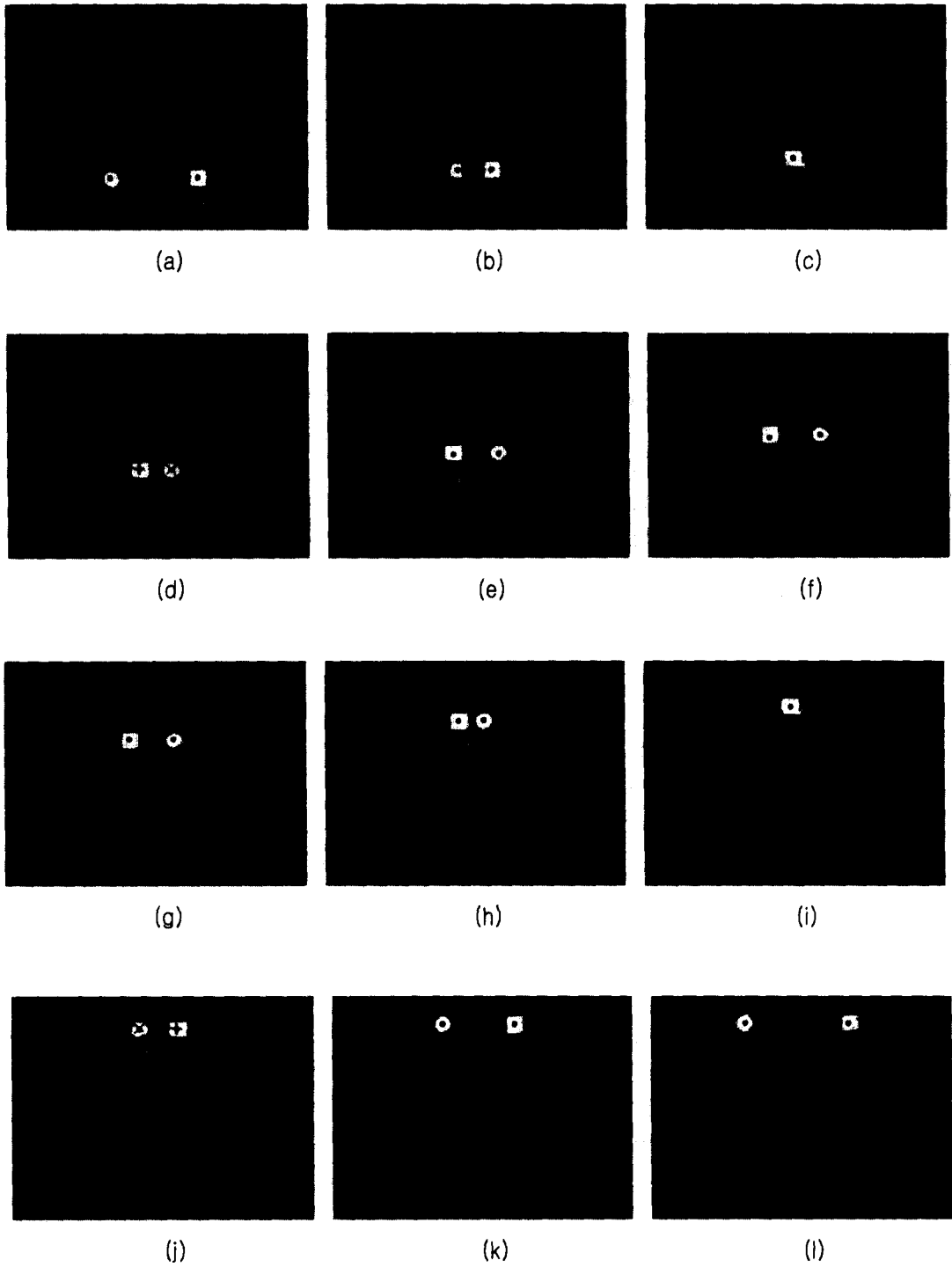


그림 8. 영상열 1에 대한 추적 결과
Fig. 8. Tracking results for image sequence 1.

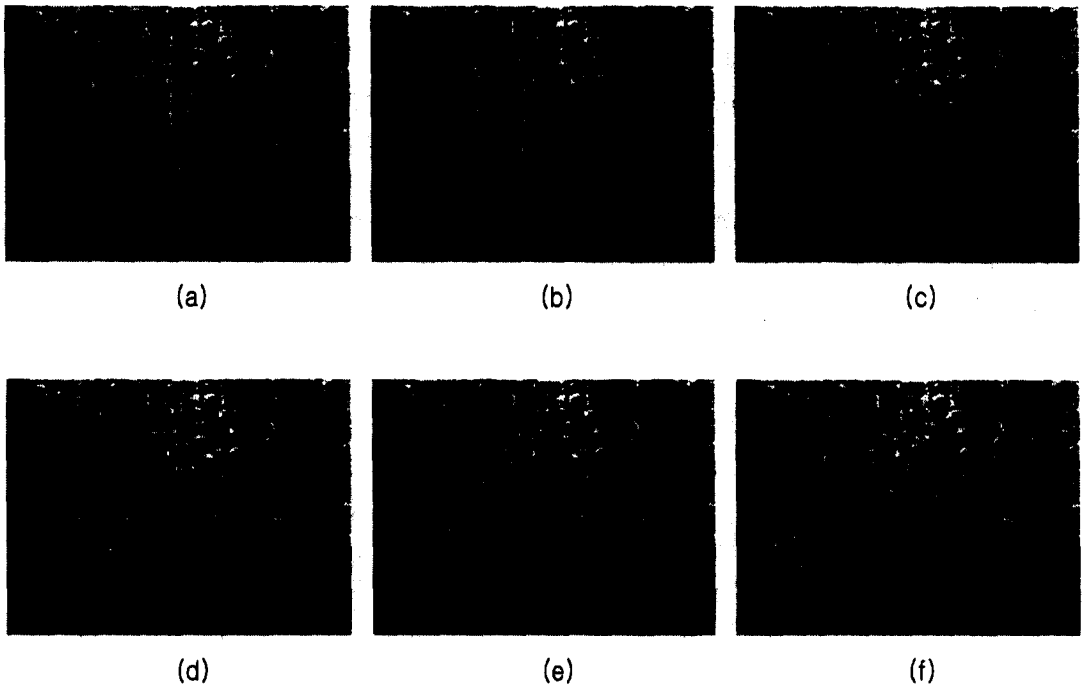


그림 9. 영상열 2에 대한 추적 결과

Fig. 9. Tracking results for image sequence 2.

이용하여 상응을 행함으로써 추적을 하는 방법을 제안하였다. 또한 점침현상이 일어나는 경우 차후 나타남 현상에 대비하기 위해 예측치들을 실추치로 가정하고 추적을 계속하는 방법을 제안하였다. 이 방법을 실험실에서 만든 모사 영상열과 실제 영상열에 적용한 결과 점침과 나타남이 발생하는 상황에서도 견고히 실시간 추적을 할 수 있음을 보였다.

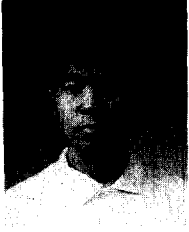
본 연구에서는 이동물체의 운동에 대해 두 가지 가정을 하였는데 이 가정의 유지가 힘든 상황에서는 거리와 방향 정보만으로는 불충분하기 때문에 이동물체의 모양 등을 고려한 방법이 필요한데 이에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] I. K. Sethi and R. Jain, "Finding trajectories of feature points in a monocular image sequence" *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-9, no. 1, pp. 56-73, Jan 1987.
- [2] M. J. Flether and R. J. Mitchell, "Predicting multiple feature locations for a class of dynamic image sequences", *Image and Vision Computing*, vol. 8, no. 3, pp.193-198, Aug. 1990.
- [3] B. K. P. Horn, "Robot Vision", MIT Press, pp.319-322, 1986.
- [4] G. Minkler and J. Minkler, "Theory and Application of Kalman Filtering", Magellan.
- [5] V. S. S. Hwang, "Tracking feature points in time-varying images using an opportunistic selection approach", *Pattern Recognition*, vol. 22, no. 3, pp. 247-256, 1989.
- [6] K. Prazdny, "Determining the instantaneous direction of motion from optic flow generated by a curvilinearly moving observer", *Comput. Vision, Graphics, and Image Processing*.

- cessing, vol. 17 pp. 238-248, 1981.
- [7] S. Ullman, "Analysis of visual motion by biological and computer system", *IEEE Comput.*, vol. COMP-14, no. 8, pp. 57-69, 1981.
- [8] J. H. Duncan and T. Chor, "Temporal edges : The detection of motion and the computation of optical flow", *Proc. Second Int. Conf. Comput. Vision, Tampa, FL*, pp. 3974-382, Dec. 1988.
- [9] B. K. P. Horn and B. G. Schunk, "Determining optic flow." *Artificial Intell.* vol. 17, pp.185-203, 1981.
- [10] B. G. Schunk, "The image flow constraint equation", *Comput. Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 35 pp.20-40, 1986.
- [11] R. C. Nelson, "Qualitative detection of motion by a moving observer", *Proc. IEEE Comput. Society Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, Maui, HI*, pp.173-179, Jun. 1991.
- [12] T. J. Patterson, D. M Chabries, and R. W. Christiansen, "Detection algorithms for image sequence analysis", *IEEE Trans. Acoustics, Speech, Signal Processing*, vol. ASSP-37, no. 9, pp. 1454-1458, Sep. 1989.
- [13] D. B. Gennery, "Tracking known three-dimensional objects", *Proc. AAAI 2nd Nat. Conf. on A. I., Pittsburgh, PA*, pp, 13-17, 1982.
- [14] D. G. Lowe, "Three-dimensional object recognition from single two-dimensional images", *Artificial Intell.*, vol. 31, no. 3, pp. 355-395, 1987.
- [15] R. J. Schalkoff and E. S. McVey, "A model and tracking algorithm for a class of video targets", *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-4, No.2-10, 1982.
- [16] B. Wilcox, D. B. Gennery, B. Bon, and T. Litwin, "Real-time model-based vision system for object acquisition and tracking", *SPIE*, vol. 754, 1987.
- [17] R. Nevatia, "*Machine Perception*", Prentice-Hall, pp. 80-82, 1992.
- [18] E. T. Lee, "Fuzzy tree automata and syntactic pattern recognition", *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-10, pp.445-449, Mar. 1988.
- [19] K. L. Boyer and A. C. Kak, "structural stereopsis for 3-D Vision", *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-10, pp.144-166, Mar. 1988.
- [20] L. G. Shapiro and R. M. Haralick, "A metric for comparing relational descriptions", *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-7, pp. 90-94, Jan. 1985.
- [21] Y. Soh, "*Dynamic color scene analysis*", PH. D. thesis, Univ. of South Carolina, 1989.
- [22] 양상규, 백경민, 소영성 "개선된 모션 에너지 기반 이동물체 추적방법" 인공지능, 신경망 및 퍼지시스템 춘계종합학술대회 논문집, pp. 218-225, 1995년 5월.
- [23] D. Murray and A. Basu, "Motion tracking with an active camera." *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-16, no. 5, pp. 449-459, May 1994.
- [24] 소영성, "퍼지 군집, 예측과 하우스돌프 거리를 이용한 이동물체 추적 프레임워크 구축", 한국 퍼지 및 지능 시스템학회 논문지, 8권, 2호, pp. 128-133, 1998년 4월.

박 철 홍(朴哲弘)



1994년 3월~1998년 2월: 한신대
학교 자연과학대학 전자계산학
과(이학사)
1998년 3월~현재: 명지대학교 대
학원 정보 통신공학과 석사과정

권 영 탁(權寧卓)



1987년 3월~1993년 2월 : 동아대
학교 경영대학 경영정보학과(경
영학사)
1994년 3월~1997년 2월 : 충북대
학교 전자계산학과(이학석사)
1997년 3월~현재 : 명지대학교
대학원 정보통신공학과 박사과정

소 영 성(蘇英聖)



1974년 3월~1978년 2월 : 서울대
학교 공업교육학과(공학사)
1983년 9월~1986년 8월 : 미국
Univ. of South Carolina, 전산
학과(공학석사)
1986년 9월~1989년 8월 : 미국
Univ. of South Carolina, 전산
학과(공학박사)
1989년 9월~1991년 2월 : 시스템공학 연구소 선임 연구
원
1991년 3월~현재 : 명대학교 전자정보통신공학부 부교수