

복잡한 영상신호에서 디스터번스 맵을 이용한 움직이는 물체 자동감지, 획득 및 추적

Automatic Moving Target Detection, Acquisition and Tracking using Disturbance Map in Complex Image Sequences

조재수*, 추길환**
(Jae-Soo Cho and Gil-Whoan Chu)

*한국기술교육대학교 인터넷미디어공학부(전화:(041)560-1491, 팩스:(041)564-3261, E-mail : jaesoo27@kut.ac.kr)

**진주국제대학교 전자통신공학과(전화:(055)751-8196, 팩스:(055)751-8195, E-mail : gilwhoanchu@hanmail.net)

Abstract : An effective method is proposed for detecting, acquisition and tracking of a moving object using a disturbance map method in complex image sequences. A significant moving object is detected and tracked within the field of view by computing a modified disturbance map method between an input image and a temporal average image. This method is very efficient in the surveillance application of digital CCTV and an automatic tracking camera. Experimental results using a real image sequence confirmed that the proposed method can effectively detect and track a significant moving object in complex image sequences.

Keywords : Disturbance map, Target Detection and Tracking.

I. 서 론

최근 들어 디지털 비디오 레코더(Digital Video Recorder)가 아날로그 CCTV의 Time-lapse VCR을 대체하면서 빠른 속도로 영상보안시장에 널리 퍼지고 있다. CCTV 산업의 발전과 더불어 보안감시시스템이 첨단화되어 가고 있다. 예전의 군사용에서 많이 발전해 온 움직이는 목표물을 자동 추적하는 추적 알고리즘은 레이더나 다른 감지센서로부터의 입력신호를 이용하여 목표물의 현재 위치, 속도, 가속도 등을 실시간으로 자동으로 추정하는 알고리즘으로 최근에는 보안감시장비인 디지털 비디오 레코더 또는 자동추적 카메라 등에 응용되고 있다.

영상입력을 이용한 이동물체 자동추적감시의 방법에 대하여는 지금까지 다양한 연구가 진행되고 있다. 영상 정보를 이용해 움직이는 물체를 추적하는 기법은 국내외적으로 다양한 방법들이 제안되고 있다. 먼저, 두 프레임간의 차 신호를 이용한 추적기법[1]이 있으며, 이 방법은 동영상에서 물체 추적을 위해서 사용되는 가장 기본적인 방법으로 다중 물체 추적이 가능하지만, 노이즈(Noise)에 민감하게 반응하기 때문에 추적 중 물체를 놓치거나 다른 물체를 추적할 확률이 높다.

상관방식을 이용한 추적기법[2] 사용자가 추적하고 싶은 영역을 지정하면 그 다음 프레임에서부터 상관도(Correlation)를 계산하여 상관도가 가장 높은 부분을 추적하는 기법으로, 이 방법도 상관도를 계산하는 계산량이 많으며, 움직이는 물체의 변형 또는 물체

가림등으로 인하여 쉽게 표적을 놓치는 단점이 있다.

차 신호를 이용한 방법을 개량한 방법으로 다중 물체 추적 기법 중에서 매우 우수한 성능을 나타내고 있는 방법으로는 디스터번스 맵을 이용한 추적기법[3]이 있으며, 본 논문에서 개선하여 사용한 방법이기도 하다.

이에 본 논문에서는 기존의 non-rigid 다중물체 추적을 위해 제안된 디스터번스 맵 방법을 좀 더 보완, 수정하여, 디지털 보안 시스템 또는 이동물체 추적 카메라에 응용할 수 있는 방법을 연구하였다.

II. 디스터번스 맵을 이용한 움직이는 물체 자동 감지, 획득 및 추적 방법

1. 움직임이 있는 영역을 이진화 하는 영상분할

디스터번스 맵 방법을 이용하여 움직이는 물체를 자동으로 감지하고, 획득하기 위해서는 우선 카메라를 정지한 상태에서 움직임이 없는 배경영상에 대한 평균영상을 계산하고, 계산된 평균영상을 이용하여 디스터번스 필드를 계산한다. 디스터번스 맵 알고리즘은 현재 입력영상(I_t)과 이전 배경영상(이전까지 입력된 영상의 평균영상(A_{t-1}))의 차를 이용해 디스터번스 필드(Δ)를 생성하고, 이것을 이용하여 물체의 움직임 영역을 검출한다. 이를 위하여 이전 프레임까지(A_{t-1})의 평균에 시간가중치(historical weight)를 두어 새로운 배경영상(A_t)을 생성한다. 다음은 현재 입력영상에 대하여 각각 디스터번스 필드 영상과 평균(배경) 영상을 계산

하는 식이다.

$$\Delta_t(x, y) = I_t(x, y) - A_{t-1}(x, y) \quad (5)$$

$$A_t(x, y) = I_t(x, y) - k \cdot \text{Lim}(I_t(x, y) - A_{t-1}(x, y)) \quad (6)$$

여기서, $\Delta_t(x, y)$ 는 디스터번스 영상이고, $A_t(x, y)$ 은 현재프레임의 배경영상 또는 평균영상을 의미하며, $A_{t-1}(x, y)$ 은 이전프레임까지의 배경영상 또는 평균영상이다. $I_t(x, y)$ 는 현재 입력영상이고, k 는 이득(Gain)을 의미하며, $\text{Lim}(\cdot)$ 은 리미터 함수이다.

기존의 디스터번스 맵 영상 계산식과의 차이점은 평균영상 또는 배경영상 계산에서 기존의 시간적 가중치 계산법 대신, 식 (6)과 같이 한 이유는 야간에 실제 물체의 움직임이 아닌 자동차 헤드라이트나 그림자등의 영향을 조금이나마 제거하기 위해서이다. 실제 물체가 아닌 자동차의 헤드라이트의 경우 기존의 디스터번스 계산법으로 평균영상을 계산할 경우, 실제 움직임이 없는데도 불구하고, 자동차 헤드라이트를 추적하는 문제점이 발생하기 때문이다. 이에 본 논문에서는 이러한 문제점을 어느 정도 완화할 수 있도록, 식 (6)과 같이 헤드라이트에 의한 영향을 최소화하였고, 실제 구현과정에서도 입력영상의 밝기값이 매우 높은 값에 대해서는 이진화 과정에서 프로그래밍적으로 배제하는 방법을 사용하기도 하였다. 그리고, 궁극적으로 평균영상과 입력영상에 의해 생성된 디스터번스 필드 영상을 이용하여, 움직임이 있는 영역을 아래의 식 (7)과 같이 이진화하는 영상분할과정을 수행한다.

$$B_t(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } \Delta_t(x, y) > \text{Threshold} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

이러한 일련의 전체 과정을 블록도로 나타내면 그림 1과 같다.

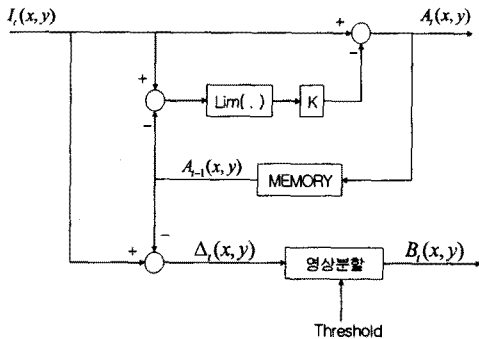


그림 1. 입력영상에서 움직임 영역을 이진화 영상분할하는 전체 블록도.

2. 이진화된 영상에서 움직이는 물체 자동획득 (Target acquisition)

식 (7)을 통하여 이진화 영상 $B_t(x, y)$ 을 얻은 다음, 이진화 영상 전체영역에서 움직이는 물체가 위치하는 중심값과 움직이는 물체의 크기를 얻기 위하여 본 논문에서는 그림 2와 같이 무빙윈도우(Moving Window) 개념을 이용하였다.

이진화된 디스터번스 영상으로부터 미리 설정된 임의의 크기의 초기 추적창(무빙윈도우)을 통해 이동물체의 중심 및 크기 정보를 획득할 수 있다. 이러한 이동물체에 대한 정보를 획득하기 위하여 이진화된 디스터번스 영상에서 무빙윈도우 개념을 이용하여 각 픽셀에 대한 MDF(Motion Disturbance Function) 함수를 식 (8)과 같이 제안하였다.

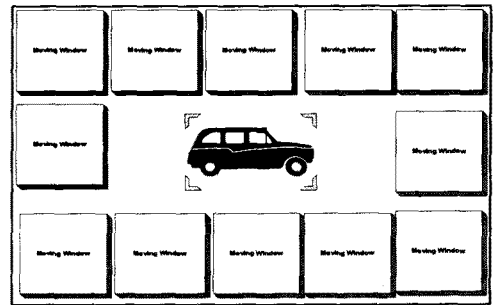


그림 2. 무빙윈도우를 이용한 움직이는 물체 획득 개념도.

$$MDF_t(x, y) = \sum_{p \in MW} \sum_{q \in MW} B_t(x+p, y+q) \quad (8)$$

where, $M_1 \leq p \leq M_2, M_3 \leq q \leq M_4$ 여기서, MW 는 초기 임의의 무빙윈도우를 나타낸다.

식 (8)을 이용하여, 현재의 입력영상에서 움직이는 물체가 있고, 움직임이 있는 초기 물체의 위치 $(\tilde{x}(t), \tilde{y}(t))$ 를 아래의 식 (9)와 같이 추정할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{If } \max_{(x, y)} MDF_t(x, y) &\geq \text{Detection Threshold} \\ (\tilde{x}(t), \tilde{y}(t)) &= \arg \max_{(x, y)} MDF_t(x, y) \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{If } \max_{(x, y)} MDF_t(x, y) < \text{Detection Threshold} \\ \text{No moving target.} \end{aligned} \quad (10)$$

전체 입력영상에서 무빙윈도우 개념과 MDF 계산을 통한 움직이는 물체의 위치를 개략적으로 판단한 후, 움직임 물체 추적창내에서의 정확한 움직임 물체

중심값(Centroid) $(\hat{x}(t), \hat{y}(t))$ 을 식 (11)과 (12)를 통하여 좀 더 정확하게 물체 중심값을 계산한다. 이때 초기 무빙윈도우(MW)는 움직임을 추적하기 위한 초기 추적창이 되는 것이다.

$$\hat{x}(t) = \frac{\sum_{x \in MW} \sum_{y \in MW} x \cdot B_i(x - \bar{x}, y - \bar{y})}{\sum_{x \in MW} \sum_{y \in MW} B_i(x - \bar{x}, y - \bar{y})} \quad (11)$$

$$\hat{y}(t) = \frac{\sum_{x \in MW} \sum_{y \in MW} y \cdot B_i(x - \bar{x}, y - \bar{y})}{\sum_{x \in MW} \sum_{y \in MW} B_i(x - \bar{x}, y - \bar{y})} \quad (12)$$

3. 자동추적 모드

초기 움직임 물체에 대한 검출 및 획득과정이 끝나면, 초기의 무빙윈도우가 자동추적모드에서의 초기 추적창이 되며, 추적창의 크기는 매 프레임마다 적응적으로 조절하면서 움직이는 물체를 추적하게 된다. 초기의 움직임 물체 감지 및 획득 후에는 전체 영상에 대한 MDF 함수를 계산할 필요가 없으며, 추적 실패시에는 다시 초기의 움직임 물체 감지 및 획득 과정을 반복하게 된다.

현재까지의 위치로부터 다음 프레임으로의 중심값 예측은 칼만필터 또는 간단한 $\alpha - \beta$ 필터를 사용하여 다음 프레임에서의 중심값 위치를 예측할 수 있다. 이러한 일련의 과정에 대한 전체 순서도를 그림 3에 나타내었다.

자동추적 모드에서 추적실패(Track Failed)를 판단하는 기준은 초기 움직이는 물체 획득시와 마찬가지로 추적창내의 움직임이 있는 픽셀수가 임의의 임계값보다 작을 경우 추적실패로 판단할 수 있고, 추적실패에는 물체가 움직이다가 정지하는 경우도 해당된다고 할 수 있다. 즉 물체가 정지하고 있을 경우는 디스터번스 값이 존재하지 않으므로, 다시 초기 상태로 돌아가 움직이는 물체가 있는지를 감지 및 획득하는 과정을 반복하게 된다.

III. 컴퓨터 시뮬레이션 결과

제안된 방법을 사용하여 실제 카메라 입력영상들을 이용하여 컴퓨터 시뮬레이션 하였고, 짧은 지면 여건상 한 영상에 대한 추적 결과들을 그림 4, 5에 나타내었다. 그림 4는 지하주차장의 움직이는 자동차에 대한 추적결과이고, 그림 5는 초기 움직임 물체를 검출 및 획득하기 위해, 전체 이진 디스터번스 영상으로부터 MDF를 계산한 값을 도시한 것이다.

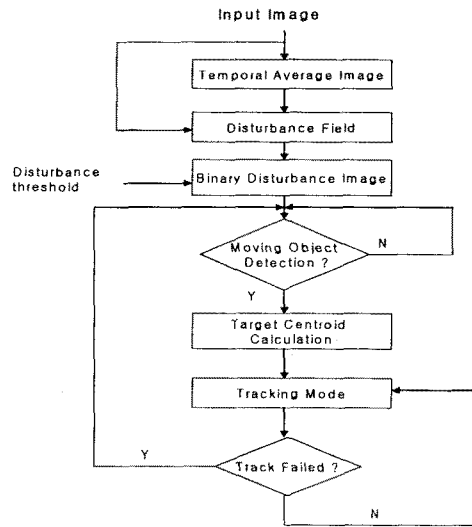


그림 3. 제안된 이동물체 추적 방법에 대한 전체적인 순서도.

V. 결론 및 고찰

본 논문에서는 디지털 보안 장비 및 이동물체자동 추적 카메라에 응용 가능한 움직이는 물체 자동 감지, 획득 및 추적하는 영상신호처리 방법을 제안하였다. 특히 본 논문에서 제안한 방법은 기존의 복잡한 영상에서 다 개체의 움직임 추적이 좋은 성능을 보여준 디스터번스 맵 방법을 개선하였으며, 디스터번스 맵 영상을 이용한 초기 움직임 감지 및 획득을 위해 무빙윈도우(Moving Window) 개념을 이용한 MDF(Motion Disturbance Function)을 제안하여 자동으로 움직이는 물체의 중심좌표를 추출하였다. 움직이는 물체의 중심 및 물체의 크기를 이용하여 자동으로 카메라의 화각을 제어하고, 줌 인/아웃 함으로써, 보안감시의 효율성을 극대화 할 수 있다.

기존의 보안 감시카메라의 경우 넓은 지역을 감시하기 위해 줌 아웃된 상태에서 녹화된 영상은 어떤 사건이 발생했을 때 범인을 식별할 수 없고, 자동차의 경우도 그 번호판 등을 알아볼 수 없는 경우가 대부분이다. 본 논문에서 제안된 방법을 이용하여 초기에 고정된 카메라의 화각을 통하여 들어온 영상을 영상신호처리 하여 움직이는 물체가 감지 및 획득된 경우, 단 한번의 카메라 제어(팬/틸트 및 줌 인/아웃)를 통하여도 충분히 고정된 카메라보다는 그 효율성이 있으며, 저장되는 이미지 중 한 프레임이라도 좀 더 정확한 영상이 저장된다면 기존의 보안시스템보다는 훨씬 뛰어난 보안성을 유지할 수 있을 것이다. 하지만 본 알고리즘을 채택하기 위해서는 되도록이면 응답특성이 좋

은 팬/틸트 카메라가 필요하며, 카메라 제어 후 좀 더 빠른 안정화 과정이 필요하다.

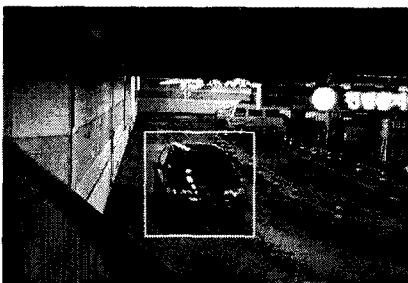
실제 적용을 위해 일반적으로 디스턴스 알고리즘의 경우 배경영상의 경우 초기 10 프레임 정도(카메라 제어후 안정된 상태에서 0.3 msec)만 있으면 배경영상(평균영상)의 추출이 가능하고, 0.3 msec 후 부터는 움직이는 물체의 정보(중심값 및 크기정보) 추출이 가능하므로 실제 CCTV 와 같은 감시 카메라 응용분야 적용에는 별 무리가 없다고 생각한다.



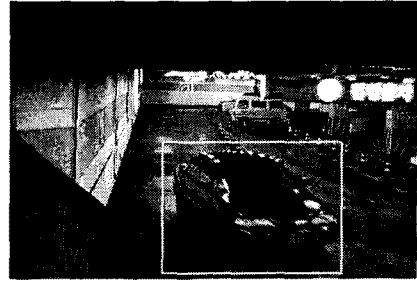
(a) 초기 움직이는 물체 검출 및 획득 프레임 (8번째 프레임)



(b) 60번째 프레임



(c) 140번째 프레임



(d) 160번째 프레임

그림 4. 자동차 영상에 대한 추적결과, (a) 초기 움직이는 물체 검출 및 획득 프레임 (8번째 프레임)

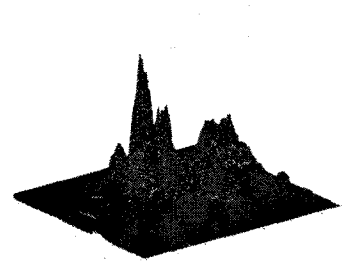


그림 5. 8번 프레임에서의 움직임 물체 획득을 위한 MDF Surface

참 고 문 헌

- [1] W. L. Martin and J. K. Aggarwal, "Extraction of moving object descriptions via differencing," *Computer Graphics and Image Processing*, vol. 18, pp.188-201, 1982.
- [2] D. A. Montera, S. K. Rogers, D. W. Ruck and M. E. Oxley, "Object tracking through adaptive correlation," *Optical Engineering*, vol. 33, no. 1, pp. 294-302, Jan. 1994.
- [3] G. Halevy and D. Weinshall, "Motion of disturbances: detection and tracking of multibody nonrigid motion," *Proc. of IEEE CVPR*, San-Juan, June 1997.
- [4] J. S. Cho, D. J. Kim and D. J. Park, "Robust centroid target tracker based on novel distance features in cluttered image sequences," *IEICE Trans. Inf. and Syst.*, vol. E83-D, no. 12, pp. 2142-2151, Dec. 2000.