

영상차이를 이용한 움직임 검출에 필요한 배경영상 모델링 및 갱신 기법 연구

A Alternative Background Modeling Method for Change Detection

장일권*, 김경중**, 김은태***, 박민용***

Il-Kwon Chang, Kyoungjung Kim, Euntai Kim, Mignon Park

Abstract - Many motion object detection algorithms rely on the process of background subtraction, an important technique that is used for detecting changes from a model of the background scene. This paper propose a novel method to update the background model image of a visual surveillance system which is not stationary. In order to do this, we use a background model based on statistical qualities of monitored images and another background model that excluded motions. By comparing each changed area computed from the two background model images and current monitored image, the areas that will be updated are decided.

Key Words : Visual surveillance, Background subtraction, Statistical qualities, Background model, update

1. 서 론

사회가 발전 할수록 공공장소에서 개인 및 시설물의 안전에 대한 중요성이 대두되고 있다. 따라서 감시 시스템은 산업 현장이나 상가 매장의 감독, 무인 시설물 감시 등 다양한 영역으로 응용분야가 확대되며 그 필요성이 증가하고 있다. 감시 시스템은 특정 감시 영역 내의 움직임이나 변화를 실시간으로 검출하고 분석하는 시스템이다. 기존의 감시 시스템은 감시 요원이 카메라로부터 획득되는 영상을 모니터를 통하여 육안으로 직접 지켜봐야 했었다. 하지만 최근의 영상 감시 시스템은 디지털 기술과 신호처리에 대한 다양한 기법이 개발되고 발달함에 따라 입력되어지는 영상정보 중에서 원하는 정보만을 얻어내는 객체 추출 및 추적 기술로 자동화를 이루고 있으며 이를 처리하는 프로세서의 연산 능력 향상과 영상 센서의 발전, 그리고 유/무선 통신 기술을 바탕으로 한 네트워크의 발전으로 다양한 장소에서의 적용 및 활용이 가능해지고 있다.

실시간으로 획득되는 일련의 영상에서 움직이는 객체를 식별하는 것은 영상 감시 시스템에서 기초적이며 필수적인 중요한 과정이다. 움직이는 객체를 식별해 내는 방법은 크게 배경영상과의 영상차이를 이용하는 기법, 연속적 프레임의 영상차이를 이용하는 기법, 광학적 흐름 기반의 기법으로 분류되고 있다. 광학적 흐름 기반의 움직임 영역 분리 기법은 객체를 독립적으로 검출하는데 있어서 좋은 성능을 발휘하지만 연산량이 많고 복잡하며 잡음에 매우 민감한 단점을 가지

고 있다. 연속적 프레임의 영상차이를 이용한 기법은 구현이 매우 간단한 반면에 움직이는 객체의 외곽선만 검출되는 경향이 있고, 느리게 이동하거나 잠시 정지하는 움직임은 검출하지 못하는 단점이 있다. 배경영상과의 영상차이를 이용하는 기법은 현재시간에 입력되는 화면과 감시영역의 기준이 되는 화면(배경영상)을 비교하여 차이를 추출하는 기법으로 감시 영역내의 변화를 검출하는 가장 일반적인 방법으로 연구되고 있다 [1]. 하지만 이러한 방법으로 감시 영역 내의 변화를 검출하기 위해서는 기준이 되는 정확한 배경영상의 모델링이 필요하며 배경영상은 고정되지 않는 다음의 요인에 대응하여야 한다 [2],[3],[4].

- 태양의 위치 변화에 따른 점진적 빛의 변화 및 구름이나 실내에서의 점등으로 인한 급진적 변화와 같은 광원의 변화.
- 카메라의 작은 흔들림과 바람에 흔들리는 나뭇잎이나 수풀과 같은 의도되지 않는 움직임.
- 차량의 주차와 같은 감시영역의 기하학적 변화.

이와 같은 요인들에 대응하기 위하여 배경영상의 적절한 갱신되지 못하면 감시 영역 내에 움직임이 없음에도 불구하고 움직임 요소로 검출된다 [4].

본 논문의 구성 내용은 다음과 같다. 먼저 2장에서 배경영상 모델링하는 방법 중 잡음 및 변화에 강한 감시 영역의 통계적 특성을 이용하여 배경영상을 모델링하는 방법에 대하여 기술하고 3장에서 감시영역의 기하학적 변화에 대응하기 위한 배경영상 갱신 방법에 대하여 설명한다. 그리고 제안하는 기법을 CCD-카메라를 사용한 실의 감시영역에 적용한 결과를 4장에서 서술하고, 마지막 5장에서 결론을 서술하였다.

저자 소개

- * 延世大學 電氣電子工學科 碩士課程
- ** 延世大學 電氣電子工學科 博士課程
- *** 延世大學 電氣電子工學科 教授 · 工博

2. 배경영상 모델링

2.1 배경영상의 통계적 특성

감시영역의 통계적 특성을 추출하기 위해서는 이전에 획득된 영상이 필요하다. 이를 위해서 일정시간 동안 감시영역을 촬영하고 그 연속된 영상을 저장한다. 이렇게 저장된 영상을 이용하여 각 화소 기반의 통계적 특성을 구성한다.

$$\begin{cases} I_i(x,y) & (i=1,2,\dots,N) \\ m(x,y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i(x,y) \\ \sigma^2(x,y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [I_i(x,y) - m(x,y)]^2 \end{cases} \quad (1)$$

여기서 x, y 는 영상 정보의 가로 및 세로 좌표를 나타내며 각 화소별 $I_i(x,y)$ 는 현재 영상, $m(x,y)$ 은 평균, $\sigma^2(x,y)$ 은 분산, N 은 획득된 프레임수이다.

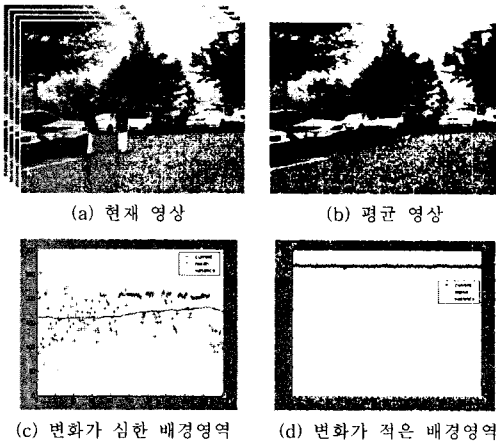


그림 1. 통계적 특성을 갖는 배경영상 모델.

변화가 거의 없는 영역의 분산은 낮지만 바람에 의해서 흔들리는 나무가 있는 영역은 상대적으로 분산이 매우 높다. 이 정보를 움직임 검출에 있어서 임계값에 이용함으로써 카메라의 작은 흔들림과 같은 시스템 내부적 잡음과 바람에 흔들리는 나뭇잎이나 수풀과 같은 의도되지 않는 움직임으로 인한 영향을 효과적으로 제거할 수 있다.

2.2 순환식을 이용한 재귀적 방법의 통계적 특성 유도

통계적 특성을 유도함에 있어서 문제점은 많은 영상을 시스템 내부에 저장해야 한다는 점이다. 영상을 저장하기 위해서는 많은 메모리가 필요하다는 점이다. 이를 극복하기 위하여 순환식을 이용한 재귀적 방법을 사용한다.

$$\begin{cases} m_t(x,y) = \frac{N-1}{N} m_{t-1}(x,y) + \frac{1}{N} I_t(x,y) \\ \sigma_t^2(x,y) = \frac{N-1}{N} \sigma_{t-1}^2(x,y) + \frac{1}{N} [I_t(x,y) - m_t(x,y)]^2 \end{cases} \quad (2)$$

여기서 t 는 현재 프레임, m_t 와 σ_t^2 은 각각 현재 프레임에서

평균과 분산을 나타낸다. 즉 현재 시간의 평균과 분산이 각각 자신의 과거 값과 현재 값의 *Weighted Sum* 형태이다. 현재 프레임으로부터 r 만큼 지난 후의 평균에서 $I_t(x,y)$ 에 곱해지는 계수는 $\frac{1}{N} (\frac{N-1}{N})^r$ 이고 이 계수가 각 화소가 가질 수 있는 최대값의 역수보다 작게 된다면 $I_t(x,y)$ 는 그 프레임 $(t+r)$ 의 평균에 영향을 주지 못한다. 즉, r 프레임 이후에는 현재화면 $I_t(x,y)$ 이 평균 $m_{t+r}(x,y)$ 에 미치는 영향은 무시할 수 있다. 따라서 현재화면이 움직임을 포함하고 있지 않다면 식(2)를 사용하여도 식(1)과 동일하면서 가장 최근에 획득되는 영상을 잘 반영하는 통계적 특성을 얻을 수 있다.

2.3 배경영상 구성 및 움직임 검출

움직임을 검출하기 위해 기준이 되는 배경영상과 현재영상의 차를 구하여 움직임 영역과 배경영역을 정의한다.

$$\begin{aligned} \text{If } m_t(x,y) - I_t(x,y) > Th & \text{ then Foreground Area} \\ \text{If } m_t(x,y) - I_t(x,y) \leq Th & \text{ then Background Area} \end{aligned}$$

여기서 $m_t(x,y)$ 는 통계적 특성을 통하여 얻은 평균, $I_t(x,y)$ 는 현재 프레임의 영상이며 이진화 영상을 위한 임계값(Th)은 배경영상 모델에 속한 표준편차(σ)의 두 배를 사용한다. 이로부터 검출된 움직임 영역을 제외한 영역은 시스템 배경영상에 반영함으로써 움직임이 없는 최근의 감시영역을 잘 표현하는 배경영상이 유지된다.

3. 배경영상 갱신

2장에서 묘사한 통계적 특성을 이용하면 움직임이 제외된 현재의 상황을 대표하는 배경영상을 모델링할 수 있으며 각 화소의 분산에 따른 표준편차를 사용함으로써 의도하지 않은 미세한 움직임의 영향을 최소화 할 수 있다. 하지만 배경영역을 구성하는 물체의 이동이나 사라짐 또는 주차되는 차량과 같은 새로운 물체의 등장을 배경영상에 반영하기 어렵다. 기존의 연구에서는 최근의 연속된 검출 중에서 현재 화소가 각 영역으로 연속적으로 구분되어지는 횟수 등에 따라 새로운 배경영상으로의 갱신을 결정한다 [3].

본 연구에서는 먼저 획득된 현재 영상과 움직임이 제외되고 모델링되는 배경영상 모델을 이용하여 움직임 후보 영역을 검출한 후 움직임 요소들과 무관하게 식(2)에 의해 모델링되는 전체 배경영상 모델을 이용하여 검출한 움직임 후보 영역을 비교하여 최종 영역 구분을 하고 그로부터 배경영상을 갱신한다..

$$\begin{aligned} \text{If (첫 번째 검출 : 움직임) and (두 번째 검출 : 움직임)} \\ \text{then 최종 움직임 영역으로 결정} \\ \text{If (첫 번째 검출 : 움직임) and (두 번째 검출 : 배경)} \\ \text{then 움직임 제외 영상의 동일영역을 현재영상으로 대체} \\ \text{Otherwise 배경 영역} \end{aligned}$$

- 움직임을 제외한 배경영상 모델 갱신

- 배경 영역 :

$$m_{E, \dots}(x, y) = \frac{(N-1)-l}{N} m_{E, \dots}(x, y) + \frac{1+l}{N} I_l(x, y)$$

$$\sigma_{E, \dots}^2(x, y) = \frac{(N-1)-l}{N} \sigma_{E, \dots}^2(x, y) + \frac{1+l}{N} [I_l(x, y) - m_{E, \dots}(x, y)]^2$$

- 움직임 영역 :

$$m_{E, \dots}(x, y) = m_{E, \dots}(x, y)$$

$$\sigma_{E, \dots}^2(x, y) = \sigma_{E, \dots}^2(x, y)$$

- 움직임을 포함한 전체 배경화면 모델 갱신

$$m_{i, \dots}(x, y) = \frac{(M-1)-l}{M} m_{i, \dots}(x, y) + \frac{1+l}{M} I_l(x, y)$$

$$\sigma_{i, \dots}^2(x, y) = \frac{(M-1)-l}{M} \sigma_{i, \dots}^2(x, y) + \frac{1+l}{M} [I_l(x, y) - m_{i, \dots}(x, y)]^2$$

- 배경영상 대체영역 갱신

$$m_{E, \dots}(x, y) = m_{i, \dots}(x, y)$$

$$\sigma_{E, \dots}^2(x, y) = \sigma_{i, \dots}^2(x, y)$$

시스템 배경영상 중에서 움직임 영역으로 구분된 영역은 이전 배경영상 모델을 그대로 유지하고, 배경영역은 움직임이 제외된 현재화면을 이용하여 갱신한다. 그리고 배경영상 대체영역으로 구분된 영역은 식(2)에 의해 재귀적으로 계산된 평균의 해당영역 값으로 대체한다. 여기서 $\sigma_{i, \dots}^2$ 은 시스템 내부 영항에 대해 추정된 분산이다.

4. 실험 및 고찰

본 연구에서는 제안된 기법의 성능을 검증하기 위하여 변화가 많은 실외의 감시영역을 설정하고 NTSC 방식의 CCD-카메라로부터 15Hz로 320×240 화소의 컬러 영상을 획득한 후 소프트웨어적으로 8bit의 그레이 영상으로 변환하였다.

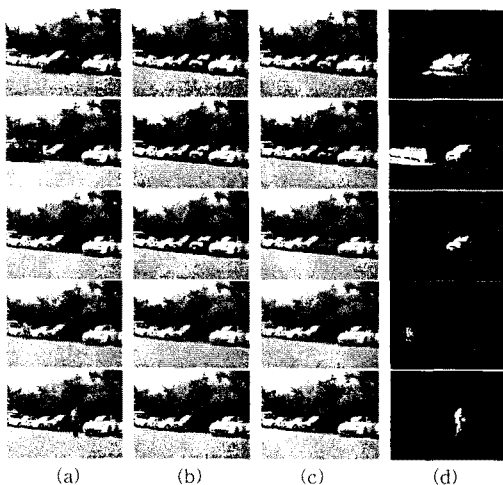


그림 2. 변화가 있는 영역으로부터의 배경영상 갱신

- (a) 현재 영상, (b) 움직임 제거 배경영상
(c) 움직임 포함 배경영상, (d) 검출된 움직임

주차되어 있던 차량이 이동함으로 인하여 배경영역의 변화가 발생하였을 때 차량의 움직임과 함께 변경된 배경영역이 검출된다. 하지만 재귀적으로 모델링되는 전체 배경영상 모델에서 변화영역은 시간이 지남에 따라 점점 희미해지며 [그림 2.(c)] 최종적으로 시스템의 기준영상인 움직임 제외 배경영상에 교체되어 갱신됨을 확인할 수 있고 이렇게 갱신된 배경영상 모델로부터의 차이로 현재의 움직임이 효과적으로 검출됨을 확인할 수 있다.

5. 결 론

이상에서 영상차이를 이용하여 움직임을 검출하기 위한 효과적인 배경영상 모델링 및 갱신기법에 대해 살펴보았다. 제안한 알고리즘은 배경영상을 모델링하는 과정에서 순환식을 이용한 재귀적인 방법을 사용함으로써 메모리 사용을 최소화할 수 있으며 검출을 위한 이진화 과정에서 임계값이 각 화소별로 자연스럽게 갱신되어 지속적으로 검출되는 물체의 흔들림등을 제거할 수 있다. 또한 시스템은 계속해서 변화하는 배경영역을 추종하며 적절히 배경영역에 포함시켜 모델링함으로써 배경영역에 점진적 변화에 강인하고 기하학적 변화를 있더라도 일정 시간 후 감시 영역 내의 의미 있는 움직임만을 효과적으로 검출할 수 있도록 적용된다. 그러나 물체의 움직임에 의한 그림자가 함께 검출되기 때문에 추후 형상기반으로 움직임 대상을 정의하기 위해서는 그림자에 의한 왜곡을 해결해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] W.Hu, T.Tan, L.Wang and S.Maybank, "A Survey on Visual Surveillance of Object Motion and Behaviors," IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics - Part C : Applications and Review, vol. 34, no. 3, pp. 334-352, August 2004.
- [2] E.Durucan and T.Ebrahimi, "Change Detection and Background Extraction by Linear Algebra," Proceeding of the IEEE, vol. 89, no. 10, October 2001.
- [3] I.Haritaoglu, D.Harwood and L.S. Davis, "W4 : Real-Time Surveillance of People and Their Activities," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 22, no. 8, pp. 809-830, August 2000.
- [4] A.Monnet, A.Mittal, N.Paragios and V.Ramesh, "Background Modeling and Subtraction of Dynamic Scenes," Proceedings of the Ninth IEEE ICCV 2003, vol. 2, October 2003.
- [5] C.J.M.Tornieri, F.Bremond, and M.Thonnat, "Updating of the Reference Image for Visual Surveillance Systems," IEE Symposium on Intelligence Distributed Surveillance Systems, (Ref. no. 2003/10062), pp. 19/1-19/5, February 2003.