

영상 합성을 위한 실시간 움직임 물체 추출

김종수, 현대환, 장성갑, 최종수
중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과

Real-Time Moving Object extraction for Superimposition

J.S. Kim, D.H. Hyeon, S.G. Jahng, J.S. Choi

Dept. of Image Engineering,

Graduate School of Advanced Imaging Science, Multimedia and Film,, Chung-Ang Univ.

hermes@imagelab.cau.ac.kr

요약

본 논문에서는 영상 합성을 위해 실시간으로 움직임 물체를 추출하고 움직임 물체의 홀이나 외곽선의 손실을 최소화하고 복원하는 알고리즘을 제안한다. 움직임은 기준영상과 현재 입력된 영상의 차이를 계산함으로써 검출 된다. 따라서 여기서 적당한 기준 영상과 검출 문턱치 방법의 선택이 필요하게 된다. 몇 가지 문턱치 선택 방법들이 연구되었으나, 본 논문에서는 회귀적인 문턱치들을 이용한다. 그레이 영상을 통해 구해진 영역에서 칼라 값의 비교를 통해 손실된 영역을 복구하고 최종 실루엣 영상을 얻는다. 얻어진 움직임 물체의 실루엣 영상은 영상 합성에 이용한다.

1. 서론

개인용 PC 카메라의 보급으로 영화 산업 뿐만 아니라 개인용 PC를 기반으로 하는 영상 산업이 현재 매우 크게 부각되고 있다. 특히 PC 카메라를 이용하여 자신의 모습을 가상공간에 투영하는 영상 합성의 경우, 더욱 많은 사람들이 필요로 하게 될 것이다. 이에 본 논문에서는 영상 합성을 위해 움직이는 물체를 분할하는 방법을 제안한다. 움직이는 사람의 실루엣 영상의 추출은 많은 분야에서 다루어져 왔다. 특히, 제스처 인식이나 패턴인식과 같은 분야에서는 실루엣 영상의 추출이 매우 중요하다. 그러나 제스처 인식이나 패턴인식 분야에서 실루엣 영상의 홀이나 외곽선의 작은 손실은 무시할 수 있지만 합성과 같은 분야에서는 홀이나 외곽선의 손실은 결과 영상에 매우 큰 영향을 미치게 된다. 이를 해결하고자 많은 연구가 수행되어져 왔다. 적외선 방출 장치와 같은 시스템을 이용하는 방법은 정확한 움

직임 물체의 실루엣 영상을 추출할 수 있지만 장소의 제약뿐만 아니라 경제적인 부담이 크다.[1] 또한 HS의 칼라 공간의 확률 분포를 이용한 방식은 홀의 발생에는 강건하지만 외곽부분의 손실이 크고 실시간으로 이용하기가 어렵다.[2][3]

본 논문에서는 실시간으로 움직임 물체를 위한 문턱치의 설정과 문턱치에 의한 손실을 복원하는 알고리즘을 제시한다.

그림1은 시스템의 전반적인 구성도이다.

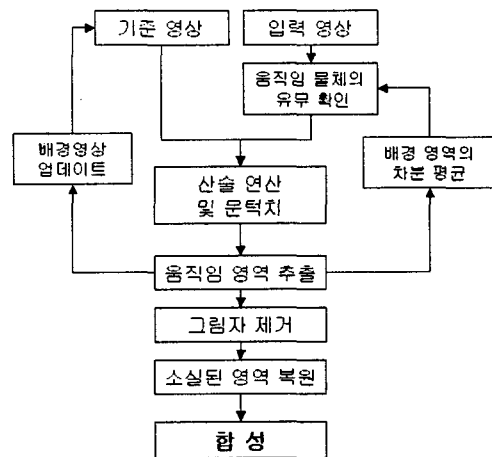


그림 1. 시스템 구조.

2. 움직임 검출과 문턱치 설정.

카메라가 고정되어 있을 경우, 프레임의 차를 구하는 것은 영상들 사이의 그레이 레벨의 변화를 구하기 위한

매우 효과적이고 민감한 방법이다. 이 방법은 실시간 움직임 검출을 위해 널리 사용된다. 프레임 차를 구하는 알고리즘은 세 개의 하위 부분으로 되어 있다.

- 적당한 기준 또는 배경의 발생.
- 산술 뺄셈 연산.
- 적당한 문턱치의 선택.

기준 영상은 다양한 방법들로 발생될 수 있다. 예를 들어 영상에서 비교적 움직임이 없는 한 주기 동안 배경 영상을 얻을 수 있고 움직임이 있지만 시간적으로 매우 근접한 영상에서 배경 영상을 얻을 수 있다. 전역적이거나 국부적인 조명의 변화에 적응하기 위해서, 업데이트 단계들이 최근 정보를 이용하기 위해서 기준영상에 적용될 수 있다.

2.1 배경 생성.

변화의 검출은 프레임 이미지들의 차이를 구함으로 간단히 얻을 수 있다. 또한 연속적인 프레임들 사이에서 수행될 수 있다.[4] 이러한 프레임 사이의 차를 구하는 것은 프레임들에서 발행할 수 있는 작은 의사 변화에 유리하다. 하지만 짧은 시간간격의 프레임 사이에서 움직임 물체의 일부만 강조되거나 짧은 시간의 주기 동안 멈추어 있는 물체들이 검출되지 않아 사라지는 경우가 발생하게 되는 단점이 있다. 따라서 취할 수 있는 방안은 입력된 영상에서 배경 부분을 동적으로 배경 이미지를 생성하는 것이다.

한 접근 방법은 전 프레임들로부터 발생된 배경의 추정값을 갖고, Kalman filter[5]처럼 공식화 될 수 있는 것처럼 현재 프레임에 이 값을 사용하는 것이다. 하지만 다양한 파라미터 값들이 현재 배경의 원활한 예측 값을 갖는 추정치들의 범위를 정하는 것과 배경 변화(예를 들어, 변화의 일정 비율)를 위한 모델이 요구된다.

다른 접근 방법은 각 픽셀에서 median filter를 사용하여 배경을 생성하는 것이다.[6] 또한, 이 방법의 대안으로 Yang과 Levine이 제안한 최소 증간값 자승(the least median of squares) 추정을 사용하는 방법이 있다.[7] 하지만, 이런 방법들은 잠시 동안 움직임이 없을 경우, 물체가 사라지는 경우가 생기게 된다.

따라서 본 연구에서는 기준영상과 입력된 영상에서 배경 부분을 동적으로 갱신하여 두 가지 방법의 장점을 사용하였다. 움직임이 없는 영역의 배경 부분을 기준영상과 평균값을 취하여 다음 프레임의 기준 영상으로 사용하였다.

$$R_{x,y,t+1}^f = (R_{x,y,t}^f + B_{x,y,t}) / 2 \quad (1)$$

여기서 $B_{x,y,t}$ 는 움직임이 없는 영역의 입력 영상 값이다. 이 값은 시간에 따라 노이즈에 대한 안정한 값을 갖게 된다.

2.2 문턱치 설정 및 움직임 영역 검출.

고정된 카메라를 이용하여 움직임 물체를 검출하는 방법에는 프레임과 프레임의 차를 이용하는 방법이나 기준 프레임의 배경을 추출하는 방법 등이 있다.[8] 하지만 실시간에서 이용하는 가장 간단한 방법은 기준 영상에 현재 입력영상의 차를 구하는 것이다. 이를 위해 2.1절에서 현재 입력된 기준영상과 입력된 영상의 배경

부분을 평균하여 다음 프레임의 기준영상을 얻었다. 식(2)와 같이, 현재 입력 영상에서 기준 영상의 차를 구하면, 움직임이 존재하는 영역에서는 화소값의 변화가 발생하고 이들의 변화율은 움직임의 정도를 나타내게 된다.

$$D_{x,y,t} = |I_{x,y,t} - R_{x,y,t}^f| \quad (2)$$

움직임이 있는 영역에서는 큰 에너지를 갖는 영상을 얻을 수 있다. 하지만 기준 영상과 입력 영상의 차 영상은 카메라 노이즈나 물체의 반사 조명에 의한 노이즈로 인하여 적당한 문턱치를 부여하게 된다.[9][10] 이럴 경우 문턱치에 따라 실루엣 영상은 홀이나 윤곽선의 손실을 가져오게 된다. 따라서 문턱치는 노이즈를 제거하면서 홀이나 윤곽선의 손실을 최소화하는 값으로 선택되어야 한다. 본 연구에서는 이를 위해 식(3)의 차 성분 평균, 식(4)의 차 성분 표준 편차 그리고 가우시안 분포의 표준 벡터를 사용하여 식(5)와 같은 문턱치를 결정하였다.

$$Avr_{diff} = \frac{1}{A} \sum_{x=i}^M \sum_{y=j}^N D_{x,y} \quad (3)$$

$$dev_{diff} = \frac{1}{A} |Avr_{diff} - D_{x,y}| \quad (4)$$

$$T = Avr_{diff} + dev_{diff} \times 1.4826 \quad (5)$$

여기서 A는 $D_{x,y}$ 가 0이 아닌 픽셀의 갯수이다.

1.4826은 가우시안 분포의 표준 벡터(normalization factor)이다. 이 문턱치 T를 이용하여 식(6)과 같이 움직임 영역 M_r 을 검출하게 된다.

$$M_r = 1: D_{x,y} > T \quad (6)$$

$$M_r = 0: D_{x,y} < T$$

2.3 물체의 유무를 위한 문턱치 설정.

카메라 노이즈나 외부 조명에 의한 노이즈 성분은 잘못된 결과를 초래할 수 있다. 이를 위해 적당한 물체 인식 단계가 필요하게 된다. 하지만 이러한 인식 단계는 실시간에 적용하기가 어렵기 때문에 본 연구에서는 이전 프레임에서 구한 간단히 문턱치를 이용하는 회귀적인 방법을 사용하였다.

$$T_{i+1}^{non} = \frac{1}{N_{non-obj}} \sum_{x=i}^M \sum_{y=j}^N D_{x,y,t} \quad (7)$$

$$i, j = \text{Non - Object region}$$

$$t = 0: t^{non} = 0$$

식(7)에서 $N_{non-obj}$ 는 $D_{x,y,t} < T$ 이고 동시에 $D_{x,y,t} \neq 0$ 인 픽셀들의 갯수이다. 따라서, $Avr_{diff} < T_{i-1}^n$

일 때는 오브젝트가 없는 것으로, $Avr_{diff} > T_{i-1}^n$ 인 경우는 오브젝트가 있는 것으로 간주하여 다음 루틴을 실행하게 된다. 그럼 2는 업데이트 된 기준영상 R^f 와 물체의 유무를 판단하는 문턱치인 T^n 이 다음 프레임에 적용되는 것과 그 결과 영상(그림 2(c))을 나타내고 있다. T^n 보다 큰 노이즈들은 대부분 R^f 와 문턱치 T에 의해 제거가 된다.

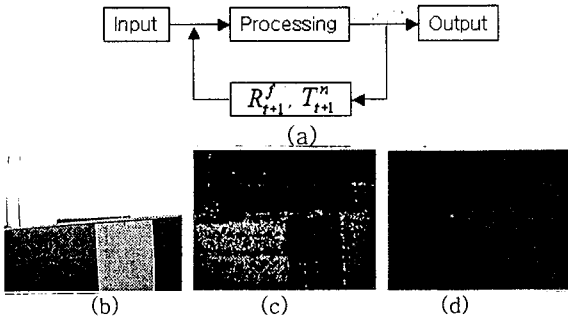


그림 2. R^f, T^n update 구조와 결과.

- (a) R^f, T^n update structure, (b) 입력 영상
 (c) 평균 문턱치를 적용한 결과, (d) R^f, T^n 를 사용한 결과.

3. 그림자 제거 및 손실 영역 복원.

위의 2장에서 추출한 움직임 영역 M_r 은 오브젝트 뿐만이 아니라 조명에 의해 발생된 그림자를 포함하고 있다. 또한 문턱치에 의해 홀과 외곽 부분에 손실이 발생되게 된다. 따라서 합성을 하기 위해서는 그림자 영역을 제거해야 하고 손실된 부분을 복원하는 알고리즘이 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 그림자의 Photometric 특성과 움직임이 있는 사각형 영역에서 칼라값을 사용하였다.

3.1 그림자 제거.

그림자는 영역의 반사율을 감소하는 반투명한 영역으로 정의 할 수 있다. 따라서 그림자가 존재할 영역은 항상 기준영상보다는 입력영상 부분이 어두워야 한다. 이를 위해 다음과 같은 식(8)로 이득을 구할 수 있다.

$$gain_{x,y} = \frac{R_{x,y}}{I_{x,y}} \quad (8)$$

만약, $gain_{x,y}$ 가 1보다 작으면, 입력 영상이 기준영상보다 더 밝은 경우이기 때문에 그림자가 존재할 수 없고, $gain_{x,y}$ 가 1보다 큰 경우에 그림자가 존재할 수 있다. 입력 물체가 어두운 경우가 있기 때문에 본 연구에서는 문턱치 T 를 통해 얻은 M_r 영역에서 $gain_{x,y}$ 이 1보다 작은 부분에서 차영상 평균을 구하여 평균보다 큰 경우는 물체의 한 부분으로 인식한다. 작은 영역에서는 다시 평균을 구하여 평균보다 작은 부분을 그림자가 인식하여 제거하였다.

그림 3에서는 그림자 영역을 제거하는 것을 나타낸다. 그림 3의 (b)와(c)의 파란색 부분은 그림자가 존재할 수 있는 영역을 나타낸다. 그림 3의 (a)-(d)는 2장의 시퀀스 영상에서 실험한 결과이고, (e)는 실시간으로 그림자를 제거한 결과 영상이다.

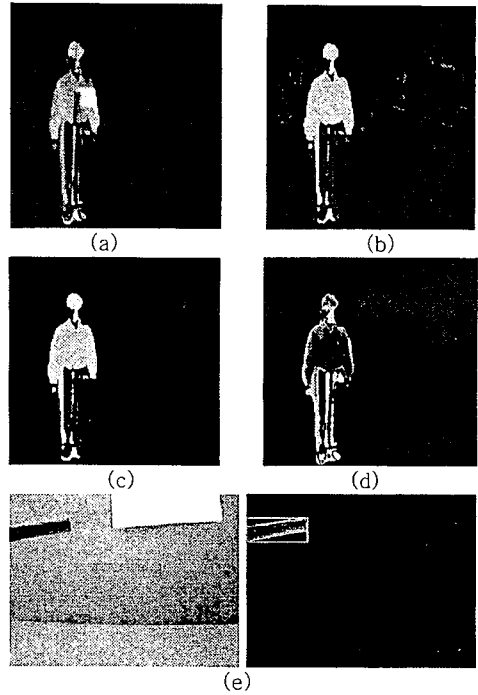


그림 3. 그림자 제거의 결과 영상.

- (a)문턱치를 이용한 결과 차영상 (b)그림자 영역과 노이즈를 포함한 결과 영상 (c)그림자 영역을 제거한 영역 (d)결과 영상, (e)실시간 그림자 제거.

3.2 손실 영역 복원.

문턱치 T 와 그림자 제거를 통해 얻어진 결과 영상은 그림 3(d)에 나타낸 것처럼 움직임 물체의 손실이 발생된다. 따라서 손실된 영역을 복원하는 루틴이 필요하다. 우리는 이를 해결하기 위해, 그림 4에서 나타내 것과 같이 사각형 움직임 영역에서 그림 3의 (c)의 초록색 영역을 제외한 픽셀에서 다시 칼라 값으로 차 영상을 구하여 식(5)의 문턱치를 적용하였다(그림 4의 (c)와 (d)).



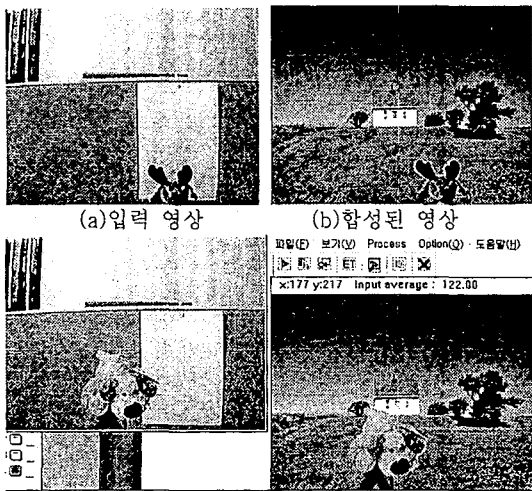
(a) Input Image (b) Gray (c) RGB (d) YcbCr
 그림 4. 움직임 영역에 칼라값 사용에 따른 결과 영상.

칼라값을 이용하여 얻어진 결과 영상에도 작은 손실 부분이 존재한다. 이러한 손실 부분들은 사각형의 움직임 영역에서 모폴로지 닫힘(Closing) 연산을 통해 제거하였다.

4. 결과

실험은 초당 약 8프레임을 받고 해상도는 320*240

을 사용하는 [I]dom computer PC 카메라를 사용하였다. 초당 30프레임을 입력 받지만 이중 4프레임이 같은 영상으로 입력된다. 본 논문에서 제안된 알고리즘을 통해 합성된 영상을 그림 5에 나타내었다. 입력된 영상에 대해 물체 존재 여부의 문턱치 T^m 을 적용하였고 물체로 인식되면 전 프레임에서 구해진 기준영상을 가지고 산술연산 뺄셈을 하였다. 산술연산 된 영상에서 노이즈 제거를 위해 문턱치 T를 이용하여 실루엣 영상을 얻었다. 얻어진 실루엣 영상에서 그림자 영역을 제거하기 위해 기준영상과 입력영상의 이득을 구하였다. 이득을 통해 그림자 영역을 제거하고 손실된 물체의 영역을 복원하기 위해 움직임 영역에서 칼러값으로 차영상을 구하였다. 이를 통해 얻어진 최종 결과 영상을 그림 6에 나타낸 것처럼 다른 이미지와 실시간으로 합성하였다.



(c) 실시간 움직임 물체 합성
그림 6. 움직임 물체와 다른 이미지와의 합성

5. 결론

본 논문에서는 입력된 움직임 물체를 다른 이미지와 합성하기 위해 움직임 물체를 실시간으로 추출하는 알고리즘을 제안하였다. 동적으로 기준 영상을 업데이트하고 문턱치의 결정된 다음, 그림자를 제거하고 최종적으로 손실된 영역을 복원하는 방법을 제안하였다. 이를 통해 얻어진 결과영상을 다른 영상과 합성하였다. 현재 저급의 PC카메라를 사용하여 실험하였으나, 캠코더나 고급의 PC카메라를 이용할 경우 더욱 좋은 결과 영상을 얻을 수 있을 것이다.

하지만 물체를 판단하는 인식 과정이, 실시간으로 추출하기 위해, 단순히 문턱치를 이용하였기 때문에 물체가 밝은 영역에서 어두운 영역으로 빠르게 이동할 경우 물체가 사라지는 경우가 발생된다. 따라서 정확한 물체를 인식을 위한 알고리즘이 필요하다. 또한 평균을 이용하여 그림자를 제거 하였기 때문에 큰 값의 그림자가 들어올 경우 완전히 제거되지 않는 경우가 발생된다. 이를 위해 영역확장과 같은 알고리즘을 적용한다면 좀 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

/*본 연구는 교육부의 두뇌한국21 사업(BK21) 및 과기부의 국가지정 연구실(NRL), 중기청의 산학연 공동 기술개발 컨서시엄, 그리고 한국 과학재단의 2000년 목적기초사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.*

참고 문헌

- [1] *A robust human-silhouette extraction technique for interactive virtual environments.* In Lecture Notes in Artificial Intelligence(vol. 1537, pp. 12-25). Springer Verlag.
- [2] Y. Raja, S. McKenna, and S. Gong., *Segmentation and tracking using colour mixture models.* In Asian Conference on Computer Vision, 1998.
- [3] Y. Raja, S. McKenna, and S. Gong., "Tracking and segmenting people in varying lighting conditions using colour," in FG '98 (These Proceedings), 1998.
- [4] Y.Z. Hsu, H.H. Nagel, and G. Rekers., *New likelihood test methods for change detection in image sequences.* CVGIP, pp.73-106, 1984.
- [5] K.P.Karmann and A.von Brandt., *Moving object recognition using an adaptive background memory.* In V. Cappellini, editor, Time-Varying Image Processing and Moving Object Recognition 2, pp. 289-296. Elsevier, 1990.
- [6] P.L. Rosin and T.Ellis., *Detection and classifying intruders in image sequences.* In *British Machine Vision Conf.*, pp.293-300, 1991.
- [7] Y.H. Yang and M.D. Levine., *The background primal sketch: An approach for tracking moving objects.* Machine Vision Applic., 5:17-34, 1992.
- [8] Yuri Ivanov, Aaron Bobick, and John Liu. *Fast lighting independent background subtraction.* In Proc. of the IEEE Workshop on Visual Surveillance VS'98, pp. 49--55, Bombay, India, January 1998.
- [9] T. Olson, F. Brill., "Moving Object Detection and Event Recognition algorithms for Smart Cameras" In Proc. DARPA Image Understanding Workshop, pp.159-176, May 1997
- [10]N.Otsu., *A threshold selection method from gray-level histograms.* IEEE Trans. On Systems, Man, and Cybernetics, 9:62-66,1979.