

움직임 정보를 이용한 다수 보행자 추적

○
임종석*, 김옥현*

*영남대학교 컴퓨터공학과
e-mail:yahocom@hanmail.net

Multiple Pedestrians Tracking Using Motion Information

Jong-Seok Lim*, Wook-Hyun Kim*

*Dept of Computer Engineering, Yeungnam University

요약

보행자 추적은 무인 자동차 시스템, 보안 또는 감시 시스템, 횡단보도 신호제어 시스템 등 실세계의 다양한 응용 분야에서 사용될 수 있다. 본 논문에서는 걸어다니는 보행자의 움직임 정보를 이용하여 다수의 보행자를 추적하는 새로운 방법을 제안한다. 보행자의 움직임 정보는 연속된 두 개의 비디오 프레임간의 그레이 레벨 차를 이용하여 구하고, 이를 통하여 물체를 검출한다. 검출된 물체에는 보행자뿐만 아니라 다른 이동 물체가 포함될 수 있으므로 프로젝션 히스토그램(PH:Projection Histogram)을 생성한 후 보행자 유형을 기반으로 PH를 분석하여 보행자를 검출, 추적한다. 제안된 방법의 성능 평가를 위해서 복잡한 도시 환경 영상에 적용하고 그 성공적인 결과를 보인다.

1. 서론

최근 동영상에서 움직이는 물체에 대한 정보를 추출하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 움직이는 물체의 추출은 군사, 교통, 의학, 생물학, 공학, 교육 등 기타 여러 분야에서 응용될 수 있다. 특히 보행자 추적은 무인 자동차 시스템, 보안 또는 감시 시스템, 횡단보도 신호제어 시스템 등 실세계의 다양한 응용 분야에서 사용될 수 있다[1][7].

일반적으로 보행자 추적을 위한 영상 획득 방식은 두 가지가 있다. 하나는 두 개의 카메라를 이용하여 얻는 스테레오 영상이 있고, 다른 하나는 한 개의 카메라를 이용하여 얻는 영상이다. 또한 연속된 비디오 영상에서 보행자를 검출하는 방법에는 차 영상 분석 방법, 블록 정합 방법, 모델 기반 방법, 광류 기반 방법, 체형 기반 방법, 움직임 기반 방법 등이 있다[2][3][4][5][6][8].

기존의 방법들은 계산이 복잡하고 주위 환경 변화에 민감하며 다양한 유형의 보행자를 검출하는데 많은 어려움이 있다.

따라서 본 논문에서는 하나의 고정된 카메라로부터 입력되는 비디오 영상을 입력받아 그레이 레벨

차 영상을 구하고 영상의 콘트라스트를 증가시킨 후 이진 영상으로 변환한다. 변환된 이진 영상에 프로젝션을 수행하여 프로젝션 히스토그램을 만들고 이를 분석하여 다수의 보행자를 검출, 추적하는 새로운 방법을 제안한다. 제안된 방법은 주위 환경 변화에 강건하고 계산이 간단하며 다양한 유형의 보행자를 검출하는 장점이 있다.

전체적인 시스템 구성은 그림 1과 같다.

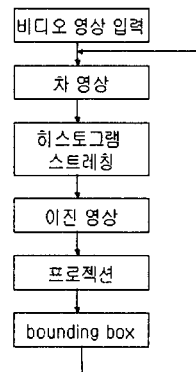


그림 1. 시스템 구성도

2. 물체 검출(Object Detection)

보행자를 추적하기 위해 먼저 움직임이 있는 물체를 검출해야 한다. 본 논문에서는 차 영상을 이용하여 움직이는 물체를 검출한다.

2.1 차 영상(Difference Image)

짧은 시간 간격 사이에 저장된 두 영상의 차이는 물체의 이동을 검출하는데 있어서 중요한 요소 중의 하나다. 차 영상은 비디오 카메라로부터 입력되는 연속적인 두 프레임의 그레이 레벨 차를 구하여 움직이는 물체를 검출한다.

식 (1)은 두 프레임간 차 영상을 구하는 식이다.

$$D(x, y) = \text{abs}(F_i(x, y) - F_{i+1}(x, y)) \quad (1)$$

여기서 $\text{abs}(\cdot)$ 는 절대값을 구하는 함수이고,

$F_i(x, y)$ 는 이전 프레임, x, y 는 픽셀 위치이다.

그림 2는 두개의 입력 프레임에 식 (1)을 이용하여 구한 차 영상을 보여주고 있다.



(a) 입력 프레임(F_i) (b) 입력 프레임(F_{i+1})



(c) 차 영상(Difference Image)

그림 2. 입력 프레임과 차 영상

2.2 히스토그램 스트레칭(Histogram Stretching)

차 영상을 이용하여 물체를 검출하였으나 콘트라스트가 너무 낮아 물체를 제대로 식별할 수가 없다. 그러므로 콘트라스트를 향상시킬 필요가 있다. 콘트라스트를 증가시키는 방법에는 여러 가지가 있으나 본 논문에서는 히스토그램 스트레칭법을 사용한다.

식 (2)는 히스토그램 스트레칭에 관한 식이다.

$$\text{St}(D(x, y)) = \left[\frac{D(x, y) - D(x, y)_{\text{MIN}}}{D(x, y)_{\text{MAX}} - D(x, y)_{\text{MIN}}} \right] \quad (2)$$

여기서 $D(x, y)_{\text{MAX}}$ 는 차 영상 $D(x, y)$ 에서 가장 큰 그레이 레벨 값이고 $D(x, y)_{\text{MIN}}$ 은 $D(x, y)$ 에서 가장 작은 그레이 레벨 값이다.

그림 3(a)는 그림 2(c)에 식 (2)를 적용하여 콘트라스트를 향상시킨 영상이다.

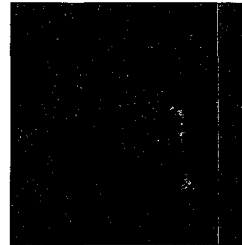


그림 3. 히스토그램 스트레칭 영상

2.3 이진 영상(Binary Image)

히스토그램 스트레칭법을 이용하여 콘트라스트를 향상시킴으로써 물체를 어느 정도 구별하는 것이 가능해졌다.

이제 보행자를 검출하기 위한 전처리 과정으로 이진 영상으로 변환해야 한다.

식 (3)은 그레이 레벨 영상을 이진 영상으로 변환하는 식이다.

$$B(x, y) = \begin{cases} \text{St}(D(x, y)) \geq 128 \text{이면} & 255 \\ \text{그렇지 않으면} & 0 \end{cases} \quad (3)$$

그림 4는 그림 3에 식 (3)을 적용하여 변환한 이진 영상이다.

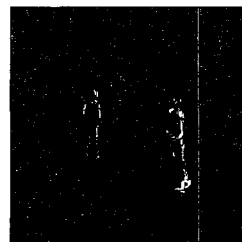


그림 4. 이진 영상

3. 보행자 추적(Pedestrian Tracking)

검출된 물체에는 보행자뿐만 아니라 다른 움직임이

는 물체도 포함될 수 있으므로 보행자만을 검출한 후 추적하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 프로젝션을 수행하여 프로젝션 히스토그램을 만들고 이를 분석하여 보행자를 검출한다.

3.1 프로젝션(Projection)

프로젝션은 수평과 수직 방향으로 수행한다. 이진 영상에서 0보다 큰 픽셀 값의 수를 카운트하여 프로젝션 히스토그램을 만든다.

식 (4)와 (5)는 프로젝션을 수행하는 식이다. 이진 영상 $B(x,y) > 0$ 에 대해 수평 프로젝션 히스토그램 식은 다음과 같다.

$$H_i = \sum_{j=0}^{n-1} B(i, j) \quad (4)$$

여기서 i 는 0에서 $m-1$ 까지이고, m 은 영상의 세로 크기이다.

수직 프로젝션 히스토그램 식은 다음과 같다.

$$V_j = \sum_{i=0}^{m-1} B(i, j) \quad (5)$$

여기서 j 는 0에서 $n-1$ 까지이고, n 은 영상의 가로 크기이다.

그림 5는 그림 4에 식 (4)와 (5)를 각각 적용한 프로젝션 히스토그램 영상이다. 이 영상에서 우리는 보행자들의 분포 상태를 알 수 있다. 즉 이 영상은 사각형 영역 내에 보행자들이 존재한다는 것을 의미한다.

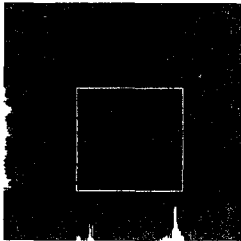


그림 5. 프로젝션 히스토그램 영상

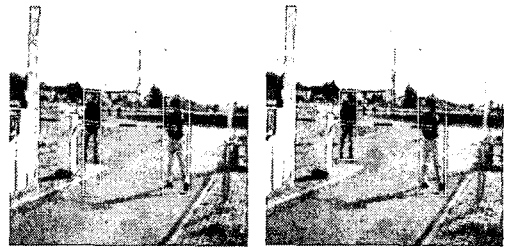
3.2 프로젝션 히스토그램 분석

프로젝션 히스토그램을 통해 보행자들이 존재하는 영역을 검출하였다. 이제 프로젝션 히스토그램을 분석하여 각각의 보행자를 에워싸는 상자(Bounding Box)를 만든다.

프로젝션 히스토그램 분석은 연속적으로 분포하는 수평 히스토그램과 수직 히스토그램이 만나는 영역을 일단 하나의 보행자로 생각하고 바운딩 박스를 만든다. 이때 보행자의 가로, 세로 크기를 이용하여

부분적으로 가려진 보행자를 검출한다. 또한 잡음으로 인하여 프로젝션 히스토그램에서 보행자를 명확하게 구분할 수 없을 때도 값이 작거나 비연속적인 히스토그램 값을 제거함으로써 이를 해결하였다. 그림 6(a)는 이렇게 하여 생성한 바운딩 박스이다.

그러나 아직 보행자의 크기에 적합한 형태가 아니고 또한 보행자가 아닌 다른 물체가 바운딩 박스에 포함되어 있을 수 있다. 그러므로 보행자의 가로, 세로, 중첩비등을 이용하여 보행자의 크기에 적합하고 보행자를 포함하지 않는 바운딩 박스를 제거한다. 그림 6(b)가 최종적으로 생성된 바운딩 박스이다. 그리고 이러한 과정을 계속 반복하여 보행자를 추적하게 된다.



(a) 1차 바운딩 박스 (b) 최종 바운딩 박스
그림 6. 바운딩 박스 생성

4. 실험 및 결과

전체 알고리즘은 동영상을 캡처하여 Pentium III -700 Mhz 프로세서의 윈도우2000프로에서 Visual C++ 6.0을 이용하여 구현하였다. 실험에 사용된 영상의 크기는 256 x 256 그레이 영상을 사용하였다.

그림 7은 보행자를 추적하는 결과 영상이다.



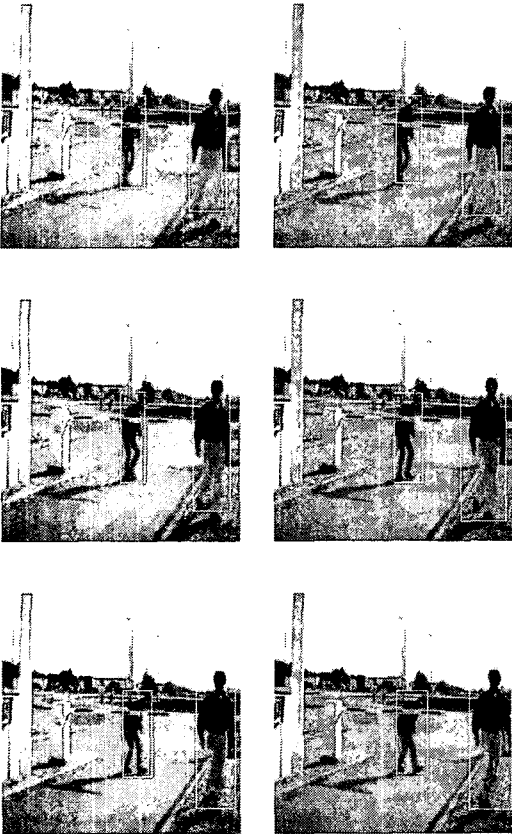


그림 7. 보행자 추적 결과 영상

위의 결과를 보면 거의 완벽하게 보행자를 추적하고 있음을 알 수 있다. 태양에 의한 그림자가 발생하거나 부분적인 가려짐이 있어도 보행자를 검출, 추적하였다. 본 논문에서 사용한 알고리즘은 미세한 움직임이 있는 물체는 모두 검출할 수가 있다. 다만 전혀 움직임이 없는 물체는 검출할 수가 없다. 그림 7을 보면 한 쪽 발 부분에서 검출이 잘 되지 않은 이유도 보행자가 걸을 때 한 쪽 발이 정지해 있는 경우가 있기 때문이다.

5. 결론 및 향후 연구과제

보행자 추적은 무인 자동차 시스템, 보안 또는 감시 시스템, 횡단보도 신호제어 시스템 등 실세계의 다양한 응용 분야에서 사용될 수 있다. 본 논문에서는 걸어다니는 보행자의 움직임 정보를 이용하여 다수의 보행자를 추적하는 새로운 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 미세한 움직임을 이용하여 물체를 검출하고 프로젝션을 수행하여 프로젝션 히스토그램을 만든 후 이를 분석하여 보행자를 검출, 추

적하였다. 태양에 의한 그림자나 부분적인 가려짐에도 강건하게 검출하였고 계산이 간단하여 빠른 수행 시간을 보였다. 그러나 움직임이 없는 부분의 검출에 어려운 점이 있었다.

향후 연구과제로 움직임이 없는 보행자도 검출할 수 있고 실시간으로 수행할 수 있는 좀더 향상된 보행자 검출을 위해서 더 많은 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] M. yachida, M. Asada, S. Tsuji, "Automatic analysis of moving image", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell, Vol. PAMI-3, No. 1, pp. 12-20, 1981.
- [2] S. Yamamoto, Y. Mae, Y. Shirai, J. Miura, "Real-time multiple object tracking based on optical flows", Proceedings of the Robotics and Automation, Vol. 3, pp. 2328-2333, 1995.
- [3] J. Agbinya, D. Rees, "Multi-object tracking in video", Real-Time Imaging 5, pp. 295-304, 1999.
- [4] D. Hogg, "Model-based Vision: a Program to See a Walking Person", Image and Vision computing, Vol. 1, No. 1, pp. 5-20, 1983.
- [5] K. Rohr, "Towards Model-based Recognition of Human Movements in Image Sequences", CVGIP: Image Understanding, Vol.59, No. 1, pp. 94-115. Jan. 1994.
- [6] T. Darrell, G. Gordon, M. Harville, J. Woodfill, "Integrated Person Tracking Using Stereo, Color, and Pattern Detection", Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 601-608, 1998.
- [7] C. Wohler, J. K. Aulanf, T. Portner, U. Franke, "A Time Delay Neural Network Algorithm for Real-time Pedestrian Recognition", Proceedings of the International Conference on Intelligent Vehicle, Germany, 1998.
- [8] A. Broggi, M. Bertozzi, A.Fascioli, M. Sechi, "Shape-based Pedestrian Detection", Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2000, pp. 215-220, 2000.