

다중 심도 카메라를 이용한 실시간 피플 카운팅 시스템

이용섭*, 문남미**

호서대학교 벤처전문대학원 융합공학과

e-mail: hujima@gmail.com

Real-time People Counting System Using Multiple Depth Cameras

YongSub Lee*, Namee Moon**

Dept. of Convergence Engineering, GSV, Hoseo University

요 약

본 논문에서는 다중 심도 카메라 기반의 실시간 피플 카운팅 시스템을 제안 한다. 카메라 영상으로부터 사람을 감지하고 추적하는 시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 피플 카운팅 시스템은 쇼핑몰이나 대형건물의 출입구 등과 같은 다양한 환경에 적용될 수 있다. 기존 피플 카운팅 시스템에서의 급격한 조명의 변화나 겹침 현상, 가림 현상에 대한 해결 방법으로, 다중 심도 카메라 환경에서 동일 객체 추적을 위해 RLM(Range Laser Method)를 적용하고, 조명 등 환경 변화에 강인한 배경 제거 및 물체 검출 기법으로 가우시안 혼합 모델(Gaussian Mixture Model)을 적용해 객체인식에 대한 정확도를 높인다. 또한, 객체를 블랍(Blob)으로 지정해 확장 칼만 필터(Extended Kalman Filter, EKF) 방법으로 객체를 추적한다. 본 제안은 피플 카운팅 시스템에의 객체 검출 및 인식에 대한 정확도를 향상시킬 수 있으리라 기대된다.

1. 서론

피플 카운팅 시스템은 유동 인력을 파악해 검출, 추적, 카운팅하는 시스템이다. 피플 카운팅 시스템의 목적은 제한된 지역에서 사람의 수를 계산하는 것이다. 단순히 출입자만을 세는 것이 아니라, 개개의 사람을 추출하고 이를 추적해 동선을 파악, 분석하여 대형 상가나 쇼핑몰, 공연장 등에서 이용할 수 있는 자료를 얻을 수 있다[1].

기존에 사용 되어진 단일 카메라를 이용한 피플 카운팅 시스템에서의 문제점으로, 불규칙하게 이동하는 불특정 다수의 사람의 경우, 신체의 일부분이 겹치거나 가려진 경우에 인식이 저하 된다[2].

본 논문에서는 위와 같은 단일 카메라에서 발견되는 문제점에 대한 해결책으로 다중 카메라를 활용한 피플 카운팅 시스템을 구성하였다. 이는 전면, 상단 카메라 두 대를 사용하는 것으로 한 대의 카메라에서 발생하는 단일 카메라 시스템의 겹침 및 가림 현상에 대한 문제[6]를 보완할 수 있다.

또한, 일반적으로 보편화 된 RGB카메라가 아닌 심도 카메라(Depth Camera)를 활용함으로써, 조명 등 환경 변화에 강인하면서 심도 정보를 활용하여 객체 간의 거리를 인식해 보다 정확한 객체 인식 및 추적이 용이한 장점을 보유 할 수 있다.

2. 관련 연구

초기에 피플 카운팅 시스템에 대한 연구는 [4]와 같이, 시각적 정보를 사용하는 방법에 초점을 두었다. 후에 연구에서 [1][2][3][5]은 시각적 정보와 함께 공간적 정보를 활용하여 객체를 인식하는 방법을 적용하였다. 특히 [1]에서는 영상을 6x12의 블록으로 나누어 각 블록에 해당하는 사람의 크기를 미리학습 시킨 후에 테이블로 저장하여 물체의 크기를 판단하는 방법을 제안하여 3인 이상이 동시에 영상 내에서 움직이는 경우의 정확도를 90~94%로 향상시켰다.

[1][2][3][5] 연구의 공통된 계수의 방법으로, 한 대의 카메라를 이용해 오버헤드(Overhead) 시점에서 가상의 기준선을 만들어 사람의 머리 형태에 대한 모델을 이용하여 개개의 사람을 추출하고 있다. 또한, [6]의 연구에서는 측면 카메라에서 가우시안 혼합 모델을 사용하여 전경 객체를 추출해, 캄시프트(CAMSHIFT) 방법을 이용한 사람 인식 및 추적 방법을 적용하고 있다.

심도 카메라는 적외선 센서를 탑재한 모션 인식 센서로 최근 몇 년간 심도 감지 기술의 발전과 함께 실시간 심도 카메라를 이용한 연구들이 진행되고 있다. 특히, 최근에 출시된 마이크로소프트(Microsoft)사의 키넥트 센서는 저가의 심도 카메라로써, 실시간으로 깊이 정보 뿐만 아니라 RGB영상과 관절 추적 정보를 제공한다. 키넥트 센서로부터 제공되는 데이터(깊이, RGB, 관절 위치)의 사

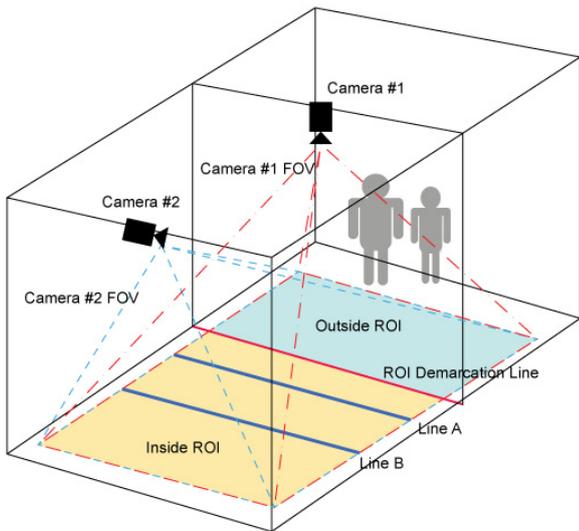
** 교신저자

용은 사람/신체 부위 검출의 수고를 덜어주고, 개발을 쉽게 만들어 준다[6][7].

[6]에서는 키넥트 센서의 깊이 정보와 2D머리 윤곽 모델, 3D머리 표면 모델 기반의 접근 방식을 사용해 인간의 윤곽을 추출, 사람에 대한 객체 분류 체계를 제안 했다. 또한, [7]에서는 적외선 센서를 사용한 RGB-D(D: Depth) 데이터에서 거리 계산에 대한 연구를 진행한 바 있다.

3. 시스템 설계

두 대의 심도 카메라를 사용한 본 제안의 실험 환경은 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 실험 환경

두 개의 카메라는 제한된 지역을 동시에 영상으로 획득할 수 있는 위치에 배치되며, 획득한 영상을 출입구 기준으로 외부 관심영역(ROI, Region Of Interest)로 설정한다. 상단 카메라에서 획득한 영상을 깊이 정보를 이용, 초기 프레임 k 으로 배경을 추출해 모델링 한다.

$$bg(i, j) = \frac{\sum_{i=1}^k depth^l(i, j)}{k}$$

상단 카메라에서 추출된 배경은 (그림 2)와 같다. (a)는 배경의 원본 영상, (b)는 배경 원본에 대한 깊이 영상으로, 배경 차감을 위해 사용 된다.

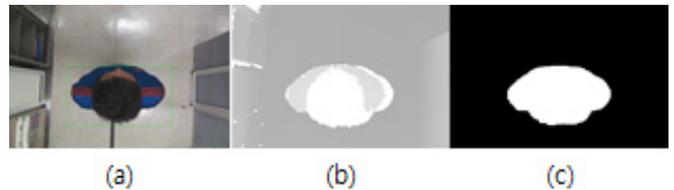


(그림 2) 상단카메라 배경 추출 영상

영상에서 $depth^l(i, j)$ 는 l th 깊이 영상의 픽셀(pixel) (i, j) 이다. 영상에서 깊이 정보를 이용해 추출된 배경을 차 연산(Background Subtraction)[5]과 가우시안 혼합 모델 기법으로 배경 제거 및 객체를 인식한다. 가우시안 혼합 모델 기법은 다음과 같이 정리할 수 있다.

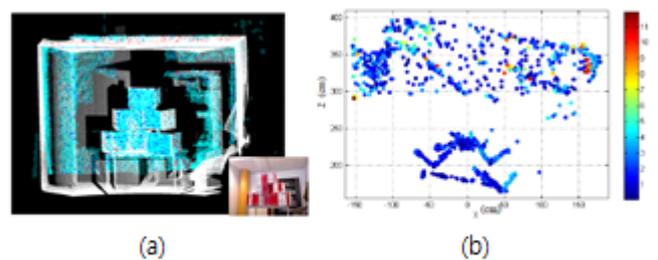
$$P(W_t) = \sum_{i=1}^K W_{i,t} * \eta(W_t, \mu_{i,t}, \sum i, t)$$

N개의 순수한 배경 영상을 이용하여 각 픽셀 별로 MOG(Mixture of Gaussian) 방법에 의해 참조 배경을 모델링 하게 되고 각각의 픽셀은 K개의 가우시안 분포를 갖게 된다. 여기서 W는 입력영상, μ 는 평균 그리고 \sum 는 공분산을 나타낸다[1]. (그림 3)은 객체 추출 과정을 나타낸다. (a)는 원본 영상을, (b)는 깊이 영상을 나타내며, (c)는 (b)에서 배경 차감과 MOG를 이용한 전경 객체 추출 영상이다.



(그림 3) 객체 추출 과정

추출된 객체는 마스크 영역으로 지정되어 각각 히스토그램 모델에 대한 계산에 사용된다. 마스크 영역은 블랍(Blob)으로 계산 되어 지는데, 크기에 따른 밝은 픽셀의 비율은 히스토그램으로 블랍을 식별하는 요소로 사용된다. 이후 블랍으로 지정된 객체는 확장 칼만 필터[8]에 의해 추적해 블랍의 가상 선 통과 여부에 따라 계수를 한다.



(그림 4) 심도 센서를 이용한 레이저 스캔과 밀도 히스토그램

전면 카메라의 영상도 마찬가지로 상단 카메라와 같이 RGB영상과 깊이 정보를 이용해 배경 제거 기법과 객체 추출 방법을 적용하며[6], 이 두 카메라에 대해서 깊이 정보와 RLM[5][7]를 사용해 두 대의 카메라에서 획득한 객체를 동일 객체로 판별 한다. 심도 카메라의 적외선 센서를 사용해 거리를 계산하는 방법은 [7]에서 연구 하였으며, (그림 4)의 (a)는 심도 센서를 이용한 레이저 스캔 결과 영상을 나타내고, (b)는 (a)에 대한 밀도 히스토그램의

분포이다. 상단 카메라와 정면 카메라의 밀도 히스토그램 분석을 통해, 동일 객체 판별이 가능하다.

4. 결론

본 논문에서는 두 대의 심도 카메라를 사용한 피플 카운팅 시스템에 대해서 제안 하였다. 적외선 센서를 탑재한 심도 카메라를 사용함으로써, 급격한 조명에서도 강인하면서, 단일 카메라 기반의 피플 카운팅 시스템에서의 단점인 겹침이나 가림에 대해서도 극복이 가능하다. 하지만, 두 대의 심도 카메라를 사용하는 만큼 설치의 어려움이 있고, 연산 능력 역시 단일 카메라의 영상 처리의 두 배 이상이 요구 되어 지는 만큼, GPU(Graphic Processing Unit) 기반의 병렬 처리 프로그래밍이 필요할 것으로 예상 된다.

본 제안은 피플 카운팅 시스템에의 객체 검출 및 인식에 대한 정확도를 향상시킬 수 있으리라 기대된다.

참고문헌

[1] 박현희, 이형구, 김재희, “블록 기반 실시간 계수 시스템”, 전자공학회 논문지, 제43권 SP편, 제5호, 2006.09.
[2] Lim Eng Aik, Zarita Zainuddin, “Real-Time People Counting System using Curve Analysis Method”, International Journal of Computer and Electrical Engineering, Vol.1, No.1, 2009.04.
[3] Jae-Won Kim, Kang-Sun Choi, Byeong-Doo Choi, Sung-Jea Ko, “Real-time Vision-based People Counting System for the Security Door”, International Technical Conference on Circuits/Systems Computers and Communications, pp.1416-1419, 2002.
[4] A.C. Davies, J. H. Yin, and S. A. Velastin, “Crowd Monitoring Using Image Processing”, Electronic & Communication Engineering Journal, pp.37-47, 1995.
[5] D. Hernandez, M. Castrillon, J.Lorenzo, “People counting with re-identification using depth cameras”, Imaging for Crime Detection and Prevention 2011 (ICDP 2011), 4th International Conference on, pp.1-6, 2011.
[6] Fahad Fazal Elahi Guraya, Pierre-Yves Bayle, Faouzi Alaya Cheikh “People Tracking via a Modified CAMSHIFT Algorithm”, International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering and Science, pp.1-5, 2009.
[6] Lu Xia, Chia-Chih, J. L. Aggarwal, “Human Detection Using Depth Information by Kinect”, International Workshop on Human Activity Understanding from 3D Data in conjunction with CVPR (HAU3D), Colorado Spring, 2011.06.
[7] K. Khoshelham, “Accuracy Analysis of Kinect Depth Data”, In ISPRS Workshop Laser Scanning, Vol.XXXVII, 2011.01.

[8] I. J. Cox and Eds G. T. Wilfong, “The Kalman Filter: An Introduction to Concepts Autonomous Robot Vehicles”, Springer-Verlag, 1990.