

# 카메라영상을 이용한 people counting system

## people counting system using single camera

정하욱\*, 장형진\*\*, 백영민\*\*\*, 김수완\*\*\*\*, 최진영\*\*\*\*\*

(Ha-Wook Jeong, Hyung-Jin Chang, Young-Min Baek, Soo-Wan Kim, Jin-Young Choi)

**Abstract** - This paper describes an implementation method for the 'People Counting System' which detects and tracks moving people using a fixed single camera. This system proposes the method of improving performances by compensating weakness of existing algorithm. For increasing effect of detection, this system uses Single Gaussian Background Modeling which is more robust at noise and has adaptiveness. It minimizes unnecessarily detected area that is a limitation of the detecting method by using the background differences. And this system prevents additional detecting problems by removing shadow. Also, This system solves the problems of segmentation and union of people by using a new method. This method can work appropriately, if the angle of camera would not strictly vertical or the direction of shadow were lopsided. Also, by using integration System, it can solve a number of special cases as many as possible. For example, if the system fails to tracking, it will detect the object again and will make it possible to count moving people.

**Key Words** : People Counting System, multiple tracking, Surveillance, Blob segmentation

### 1. 서론

건물 내부나 도로의 출입구를 지나가는 사람을 세는 People Counting System은 화면을 지나가는 사람들의 숫자를 세고 추적하면서 좀 더 능동적인 감시를 할 수 있게 한다. People counting의 초기에 사용된 센서를 이용한 방법은 많은 사람들이 동시에 센서를 통과할 경우 정확성에서 많은 문제가 생긴다. 따라서 카메라를 통해서 자동적으로 특정구역을 지나가는 사람들을 셀 수 있는 방법이 연구되고 있다.

M. Rossi & A. Bozzoli [1]에서는 겹침 문제를 해결하기 위해서 천장에 설치된 카메라를 통해서 지나가는 사람이 겹침으로 인해 가려지는 문제를 최소화 하려고 하였다. 하지만 사물의 Detection방법이 부정확하고 후백영상을 이용하기 때문에 그림자나 조명의 영향을 많이 받게 되는 문제점이 있다. Masoud and Papanikolopoulos [2]는 Background Subtraction을 통해서 Object detection을 강화하고 그에 따라 생기는 Blob을 Tracking하여 지나가는 사람들을 Counting 하였다. 이 논문에서는 비스듬하게 내려다보이는 환경에서도 효과적인 Tracking을 통해서 겹쳐짐, 가려짐 문제를 해결하려고 하였다. Jae-Won Kim et al. [3]에서는 Convex hull approximation을 이용해서 더 정확한 Tracking정보를 제공하는 방법을 제안하였다. 하지만 Convex hull을 구하는데 연산

량이 많다는 문제점이 있고, 사람이 겹쳐 들어오는 경우를 Counting하는 방법에 대한 문제 해결방법은 제시하지 않았다.

Thou-Ho et al. [4]는 Color Image Processing을 통해 움직이는 사람들을 계수하기 위한 시스템을 제안하였다. 탐지된 Foreground 영역의 Pixel수에 따라 겹쳐진 사람의 수를 추측하는 방법을 사용했고, Merge-Split 경우를 5가지 Case로 나누어 그것을 보완하였다. 또한 HIS histogram을 이용한 Tracking 방법으로 Color 이미지를 활용한 효과적인 Tracking을 시도하였다. 하지만 단순 차에 의한 배경추출방법 때문에 조명과 같은 주변 환경의 영향을 많이 받는다는 문제점이 있다. Javier Barandiaran et al. [5]는 사람의 진행 방향과 수직하도록 여러 개의 Counting line두고 line들 사이에서 벌어지는 움직임들을 탐지하여 그 정보를 조합해 사람을 계수하는 시스템을 제안하였다. 이 시스템은 간단하고 가벼운 연산량을 가지는 효율적 계수법이지만 Motion Detection 과정에서 조명의 변화나 그림자의 영향을 받아 오동작을 일으킬 수 있고 사람이 양방향으로만 통행 가능한 장소에만 적용가능하다는 단점이 있다.

People Counting System의 이슈는 크게 2가지가 있다고 볼 수 있다. 첫째는 People Counting에 효과적인 Detection과 Tracking 기술을 사용하는 것이다. 사람이 가려지거나 겹쳐지지 않을 경우, Detection과 Tracking만 정확하게 이루어진다면 그 사람을 계수하는 것은 그렇게 어려운 문제가 아니기 때문이다. 그래서 많은 논문에서 People counting 알고리즘 자체보다는 People counting을 하기위한 Detection이나 Tracking방법에 중점을 두고 있다. 두 번째는 지나가는 사람들의 겹침, 분리 문제이다. 이 문제의 경우, 기존 연구에서 아

### 저자 소개

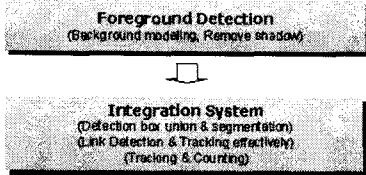
- \* 정 하 욱 : 서울대학 전기공학부 석사과정, ASRI
- \*\* 장 형 진 : 서울대학 전기공학부 박사과정, ASRI
- \*\*\* 백 영 민 : 서울대학 전기공학부 석사, ASRI
- \*\*\*\* 김 수 완 : 서울대학 전기공학부 석사과정, ASRI
- \*\*\*\*\* 최 진 영 : 서울대학 전기공학부 교수, ASRI

에 고려하지 않거나 각자 주어진 환경에 맞게 적절한 Case로 나누어서 처리하는 방법을 사용했다. 본 논문에서는 앞서 언급했던 People Counting System의 두 가지 이슈인 주변 환경의 방해(조명변화, 그림자)에 강인하면서, 사람의 겹쳐짐 문제를 해결할 수 있는 통합시스템을 제안해보고자 한다.

## 2. People Counting System

### 2.1 시스템 구조

제안한 시스템은 <그림 1>과 같이 크게 2부분으로 나눌 수 있다.



<그림 1> 전체 시스템 구조도

첫 번째 단계는 입력받은 영상에서 움직이는 물체를 탐지하는 Foreground Detection 단계이다. 이 단계에서는 Background modeling을 통해 움직이는 사람을 탐지하고 조명에 의해 그림자가 Foreground로 탐지되는 것을 방지하기 위해서 그림자 제거 알고리즘을 삽입했다. 두 번째 단계는 Integration System 단계이다. 이 단계에서는 Detection된 결과에서 사람에 겹쳐지는 경우를 해결하고, 각 사람을 Tracking할 수 있도록 정보를 제공한다. 또한 Tracking물체가 화면 내에 정해진 선을 지날 경우에 계수를 해준다. 2.3, 2.4절에서 각 단계별로 자세한 설명을 다루도록 하겠다.

## 2.2 Foreground Detection

### 2.2.1 Single Gaussian Background Modeling

많은 People Counting System에서 기존에 저장해놓은 배경이미지와 현재 입력되는 이미지의 차를 이용해서 움직이는 사물을 탐지한다. 하지만 이 경우 조명의 변화에 의해 전체적인 화면이 밝아지거나 어두워질 때 오동작을 일으키는 경우가 많고, 주변 Noise에 민감하게 반응하는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 단순 차에 의한 물체탐지방법과 가우시안 혼합배경모델의 장단점을 절충해서 MTD(Modified Temporal Difference)와 싱글가우시안배경모델(Single Gaussian Background Model)을 혼합한 방법[6]을 사용하였다. 적응적 배경모델을 이용함으로써 차영상 방법에서 나타나는 불필요하게 탐지되는 영역을 최소화 했으며, 가우시안 혼합모델보다는 더 빠른 탐지성능을 가지게 했다. 하지만 그림자가 심한 환경일 경우 그림자까지 물체로 탐지해서 오동작을 유발하는 경우를 많이 발견할 수 있었다. 따라서 본 실험에서 사용한 그림자 제거 방법에 대해서 다음절에서 다루도록 하겠다.

### 2.2.2 그림자 제거

그림자는 보통 배경과 비슷한 색상을 띠면서 약간 어두운 값을 가지게 된다. 따라서 앞서 단계를 통해 찾은 전경영역에서 각 픽셀별로 Color Space를 HSV형식으로 변환을 한 후 그림자라고 판별되는 부분은 Foreground 영역에서 제외하는 방법[7]을 사용하였다. 이때, 이때 아래 조건을 만족하는 픽셀들은 그림자로 판단하고 배경으로 다시 처리해주었다.

여기서 각 Threshold는 각 실험 장소에 따라 경험적 결과로 결정해주었다.

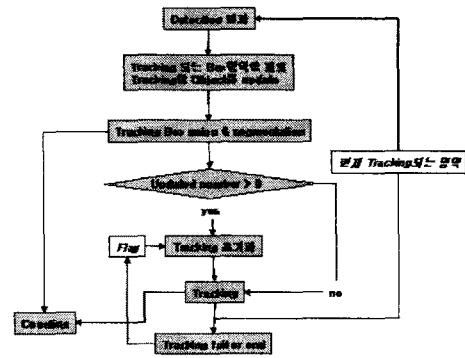
$$|H_F(x,y) - H_B(x,y)| < T_H$$

$$|S_F(x,y) - S_B(x,y)| < T_S$$

$$T_{VL} < \frac{V_F(x,y)}{V_B(x,y)} < T_{VH}$$

### 2.3 Integration System

2.2절의 결과로 나온 탐지영역을 Tracking 함수에 정보를 전달하는 것이 Integration System이 하는 일이다. 그 과정에서 사람이 겹쳐지는 경우를 효과적으로 분리해주는 처리가 필요하며, 발견되는 사람들을 지속적으로 한 객체씩 Tracking을 실행했다가 Counting을 한 후 Tracking이 끝나는 작업을 유기적으로 계속 해주어 Multiple Tracking을 하기 때문에 이 단계가 필요하다. <그림 2>는 이러한 시스템의 알고리즘 순서도이다. 발견된 객체가 겹쳐져 있을 경우 적절하게 잘라준 후 Tracking 함수를 호출한다. 다음절에서는 Tracking Box에 있는 사람이 겹쳐졌을 경우에 해결하는 방법을 소개하도록 하겠다.

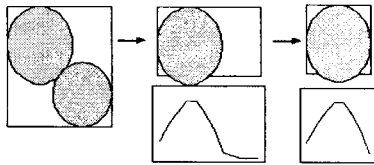


<그림 2> 시스템 순서도

### 2.3.1 Tracking Box union & segmentation

단순한 Blob Pixel수에 따른 사람 수 결정방법[4]은 적절한 높이에서 수직에서 카메라를 내려다보면서 그림자의 효과가 무시될 때는 효과가 좋은 방법이지만, 실내에서 한쪽방향으로 조명을 받을 경우, 그림자 때문에 정확하지 않을 수 있다. 왜냐하면 카메라 설치의 높이가 약간 낮을 경우 굴곡이 심해져서 사람의 크기가 일정하지 않을 수 있으며, 카메라의 각도가 수직에서 조금만 벗어나도 사람의 크기가 위치마다 달라져서 위치별 Foreground의 pixel수의 변화가 커지기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 Detection Box에서 진행방향에 접칠 경우 적절하게 분리해주는 아이디어를 사용해 문제를 해결하고 진행방향에 수직으로 겹쳐서 counting line을 통과할 경우에는 Detection Box의 가로길이만으로 겹쳐진 사람 수를 인식해 앞서 언급했던 문제점을 해결하고자 하였다. <그림 3>에서 겹쳐진 사람의 분리방법을 소개하고 있다. x축방향의 길이는 사람의 진행방향이기 때문에 카메라의 각도나 사람의 앞쪽 혹은 뒤편에 생기는 그림자에 큰 영향을 받지 않는다. 따라서 우선 y축방향의 길이가 평균적 사람 크기를 넘어서면 평균적인 사람의 길이로 잘라준다. 그리고 좀 더 정확한 Tracking정보를 전달하기 위해서 x축 방향으로 Foreground pixel수를 구한 Projection Graph를 이용해서 graph에서 함수

값이 어느 이상 되는 부분의 좌표만을 뽑아내 객체에 꼭 맞도록 Tracking Box를 재조정하는 과정을 거친다.



<그림 3> 겹쳐진 사람의 분리모형

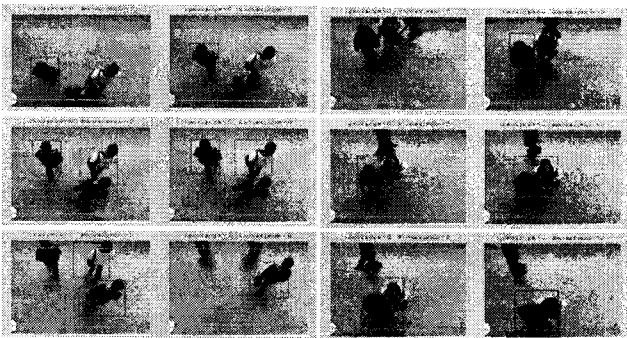
### 2.3.2 Tracking & Counting

앞 단계에서 Tracking할 객체에 대한 정보를 전달해주면 이 단계에서는 Tracking을 하면서 그 객체의 위치정보를 지속적으로 확인해 그 객체의 동선을 파악한다. 이 실험에서는 Mean-shift Tracking[8]을 이용하였다. 하지만 Mean-shift Tracking은 색깔 히스토그램을 이용해서 물체를 따라가기 때문에 Tracking Object가 배경의 색과 비슷한 상황에서는 Tracking Box가 사람을 따라가다가 배경의 유사도 때문에 따라가던 사람을 놓쳐버리는 경우가 빈번히 발생했다. 그래서 이러한 상황을 방지하기 위해 Tracking 함수에 파라미터로 주는 영상을 원본 영상이 아닌, 현재영상에 Foreground Detection 결과를 Mask를 씌운 영상을 사용하였다.

또한 급작스런 환경변화로 잘못된 사물을 Tracking하기 시작했을 경우가 가끔씩 있는데, 그럴 경우는 Tracking Box의 이동패턴이 비이상적인 경우를 체크해서 Tracking을 종료시키는 방법을 사용해 해결하였다. Counting을 하는 것은 Tracking중인 물체의 위치가 경계선을 넘는 순간 Counting을 추가해주었다. 이때, Tracking information (위치정보)에 따라 Counting의 시기를 결정하고 Object size로 single이나 multiple이냐의 여부를 결정해 계수한다.

### 3. 실험결과

본 논문에서 제안한 시스템의 성능을 알아보기 위해 다양한 환경, 상황에서 시스템의 성능을 테스트 해 보았다. 대부분의 경우 정확한 동작을 해주었고, 특히 사람이 겹쳐진 경우에도 효과적인 Counting 성능을 보여주었다. <그림 4>에서는 세로, 가로방향으로 겹친 경우에 대한 결과 시퀀스를 나타낸다.



<그림 4> 좌 : 세로방향으로 겹친 경우  
우 : 가로방향으로 겹친 경우

### 4. 결론

본 논문에서는 기존 알고리즘들이 가지고 있던 단점을 서로 보강하면서 성능을 높이는 방법을 제안하였다. Detection

단계에서는 그 성능을 높이기 위해서 Noise에 강인하며 적응력이 있는 Single Gaussian Background Modeling 기법을 사용함으로써, 차영상을 이용한 방법에서 나타났던 한계점인 불필요하게 탐지되는 영역을 최소화 했다. 또한 그림자 제거과정을 거치면서 추가적으로 생길 수 있는 오동작들을 방지했다. 또한 사람의 겹침, 분리되는 문제를 기존의 방법과는 다른 새로운 방법을 사용함으로써 카메라의 각도가 정확히 수직이 아니거나 그림자의 방향이 한쪽방향으로만 치우칠 때의 문제도 어느 정도 해결할 수 있었다. 또한 Integration System을 설계함으로써 Tracking을 실패하더라도 다시 Detection해서 Counting 하는 것과 같이 실험과정에서 생긴 다양한 문제점들을 최대한 해결할 수 있도록 했다.

앞으로 본 연구에 대해서 더 개선할 점은 분리, 겹침 문제를 Case별로 찾을 것이 아니라 강인하게 해결하는 알고리즘을 개발하는 것이다. 또한 제안한 알고리즘의 성능을 녹화된 동영상이나 아닌 실시간에 적용 가능한 실험환경을 갖추어 좀 더 많은 경우에 대해 실험해 볼 필요성이 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] M. Rossi and A. Bozzoli, "Tracking and Counting Moving People," IEEE Proc. of Int.Conf. Image Processing, Vol. 3, pp.212-216, 1994.
- [2] O. Masoud and N. P. Papanikolopoulos, "A novel method for tracking and counting pedestrians in realtime using a single camera," IEEE Trans. on Vehicular Tech., Vol. 50, No. 5, pp.1267-1278, 2001.
- [3] JW Kim, KS Choi, BD Choi, SJ 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] Thou-Ho Chen, "An automatic bi-directional passing-people counting method based on color image processing", Security Technology, Proceedings. IEEE 37 th Annual 2003 International Carnahan Conference on 14-16 Oct. 2003, pp. 200 - 207, 2003.
- [5] J Barandiaran, B Murguia, F Boto, "Real-Time People Counting Using Multiple Lines", Image Analysis for Multimedia Interactive Services, WIAMIS '08. Ninth International Workshop on 7-9 May 2008, pp. 159-162, 2008.
- [6] 최정환, 백영민, 최진영, "감시 시스템을 위한 효과적인 움직이는 물체 탐지 알고리즘", 서울대학교 전기컴퓨터공학부, 9월 2007.
- [7] Cucchiara, R. Grana, C. Piccardi, M. Prati, A. Sirotti, S., "Improving shadow suppression in moving object detection with HSVcolor information", Intelligent Transportation Systems, 2001. Proceedings. 2001 IEEE, 334-339, 2001.
- [8] D. Comaniciu, V. Ramesh, and P. Meer, "Kernel-Based Object Tracking," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 25, no. 5, pp. 564-577, May 2003.