

## 컬러 매칭을 이용한 사람 계수 측정

\*연제원 \*\*김만배

강원대학교 컴퓨터정보통신공학과

\*yju9328@kangwon.ac.kr, \*\*manbae@kangwon.ac.kr

## People Counting based on Color Histogram

\*Yeon, Je-Weon \*\*Kim, Manbae

Kangwon National University

## 요약

기존의 사람 계수 측정 시스템은 적외선 빔이나 열 감지 영상 장치를 통해 측정하였다. 하지만 이와 같은 방법으로 측정하면 객체가 들어가거나 나가는 정보는 제공하지 않는다. 이에 본 논문은 고정된 카메라를 이용하여 각 사람의 피부색과 옷차림 등의 RGB 정보를 이용한 사람 계수 측정 기법을 제안한다. RGB카메라 영상을 통하여 객체의 RGB 히스토그램을 얻은 후 각 객체에 대해 Bhattacharyya metric을 통한 histogram similarity을 계산하여 객체 추적 및 분류를 통해 사람 계수 측정을 한다. 제안된 시스템은 C/C++을 기반으로 구현하여, 사람 계수 측정 성능을 평가하였다.

## 1. 서론

오늘날 CCTV와 같은 감시 시스템의 사용량이 크게 늘어났고 이에 따른 영상의 수도 늘어나게 되었다. 영상의 증가에 따라 영상을 자동으로 분석해주는 기술 또한 필요하게 되었다. 주요 분야는 사람 계수(people counting) 측정으로, 실내의 공간에 있는 사람의 명수를 계산하는 것이다. 주요 응용분야는 비전 기반 점유센서(occupancy sensor)로 실내에 사람이 한명이라도 있으면 점등(light off)하고, 반대로 사람이 존재하지 않으면 소등(light off)하게 된다.

주로 사용되는 센서로는 PIR(pyroelectric infrared) 센서가 가장 많이 활용되어 왔고, 이외에도 ultrasonic 센서, microwave 센서, magnetic 센서, radio-frequency 센서, acoustic 센서 등도 개발되어 왔다[1-5]. PIR은 사람의 신체에서 발생하는 열(thermal temperature)을 감지하고, 열의 변화량을 계산하여 움직임을 측정한다.

최근에는 비전 센서를 이용하여 PIR의 한계를 넘어 보다 지능화된 감시 시스템을 구축하려는 추세이다. 본 논문은 고정된 RGB 카메라를 이용하여 입실, 퇴실을 하는 사람의 수를 세는 점유센서를 활용하는 사람 계수 측정 기법을 제안한다. 사람이 가지고 있는 피부색, 옷의 색을 저장하여, 사람이 입실할 때 색을 저장하고, 퇴실하면 기존의 저장된 색들과 비교하여, 어떠한 사람이 나갔는지를 판별하는 방법을 제안한다.

## 2. 제안 방법

움직이는 객체를 검출하기 위해서 현재영상과 배경영상의 차분화로 얻어지기 때문에, 먼저 배경 모델링 기법을 이용한다. 이 기법을 이용하기 위해서는 우선 background model을 만들어야한다.

$t$ 번째 grayscale 버퍼를  $I_t$ 라고 하고, background 버퍼를  $B_t$ 라고 가정한다.  $t = 0$ 일 때,  $B_0$ 는  $I_0$ 로 초기화한다.

목표 객체를 찾기 위해서 각 프레임마다 배경영상을 차분하여

foreground mask를 얻은 후에, 입출입을 감지하는데 이용한다. 시간  $t$ 에서의 foreground mask를  $F_t$ 라고 할 때  $F_t$ 를 구하는 연산은 다음과 같이 수행된다.

$$F_t(x,y) = \begin{cases} 255 & \text{if } |B_t(x,y) - I_t(x,y)| > T, \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (1)$$

여기서  $T$ 는 임계값으로 실험에서는 12를 사용하였다.

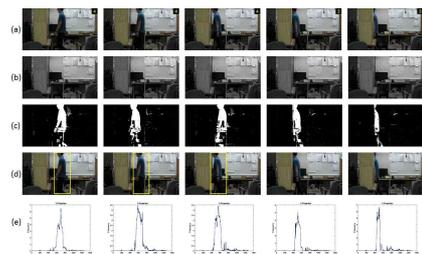


그림 1. 5장의 연속 프레임에서 사람의 이동. (a) 입력영상, (b) 배경영상, (c) 전경 마스크, (d) 검출된 사람영역, 및 (e) Y-projection.

우선 목표 객체인 사람이 오른쪽으로 움직이는지 왼쪽으로 움직이는지 이동 방향을 알아내야 한다. 이것 알아내기 위해서는 각 프레임의 foreground mask의 Y-projection을 구하여 그 y-projection의 무게중심(center of gravity)를 저장한다. 이후 이전 무게중심값과 현재 무게중심 값을 비교하여 우측으로 가는지 좌측으로 가는지를 판별한다. 우선 목표 객체의 이동 방향을 저장할 변수를  $m$ 이라고 하고, 초기값을 0으로 설정한다. 그리고 움직임이 있는 프레임이 전부 끝날 때 까지 다음과 같은 관계식을 이용하여  $m$ 을 구한다.

$$\Delta t = \begin{cases} +1 & \text{if } (y_{t-1} - y_t) < 0 \\ -1 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (2)$$

이 프레임이 전부 끝나고 움직임이 없다면 최종적으로  $\Delta t > 0$  이면 목표객체가 우측으로 이동한 것이고,  $\Delta t < 0$  이면 목표객체가

좌측으로 이동한 것이 된다.

이후  $FC_t > T$  이 성립하지 않으면 움직임이 없는 것으로 감지하고 히스토그램의 계산을 끝내고 진행 방향에 따라 각각 다른 연산을 수행한다. 목표 객체가 방으로 들어오는 방향이면 히스토그램을 저장하고, 목표 객체가 방에서 나가는 방향이면 리스트에 있는 히스토그램들과 Similarity 값을 계산한 다음 가장 값이 큰 히스토그램을 삭제하는 연산을 수행한다. Foreground Object Detection에서 bounding box의 히스토그램을 구하는 방법과 Similarity 매칭 방법에 대해 설명한다. 먼저 Foreground Object Detection에서 bounding box의 히스토그램을 구할 때, bounding box에 속한 각 픽셀의 RGB값을 각각  $r$ ,  $g$ ,  $b$ 라고 한다면 일단 각  $r$ ,  $g$ ,  $b$ 를  $16 \times 16 \times 16$ 으로 양자화 한 후, m-bin 히스토그램  $p[u]$ 을 저장할 배열을 만든다.  $m = 4096$ 이다.

그리고 각 픽셀에 대해 배열의  $r + (g \times 16) + (b \times 16 \times 16)$  index에 1을 더한다. 이후 bounding box의 픽셀 개수만큼 나누어주면 bounding box에 대한 히스토그램이 완성된다. 사람의 움직임이 있는 프레임마다 신뢰도 향상을 위해 히스토그램을 업데이트 해주어야 한다. 히스토그램의 각 index에 대해 의 연산을 하여 히스토그램 업데이트를 수행한다.

$$p_t^u = \alpha \times p_t^u + (1 - \alpha) \times p_{t-1}^u \quad (3)$$

저장된 객체를 찾기 위한 Similarity 매칭은 다음과 같이 수행한다. 현재 입실한 사람의 컬러 정보는 히스토그램  $p(y)$ 에 저장되어 있다. 퇴실하는 사람이 검출되면, 이 사람의 히스토그램  $q(y)$ 를  $p(y)$ 와 비교하여 가장 가까운 히스토그램을 탐색한다. 탐색 방법은 Bhattacharyya metric을 이용하는 histogram similarity를 활용하는데, 식(9)가 그 탐색방법이다.

$$\rho(p, q) = \sum_{u=1}^m \sqrt{p^u \cdot q^u} \quad (4)$$

여기서  $\rho$ 는 Bhattacharyya metric이다.

식(4)의 연산을 저장되어있는 모든 히스토그램과 수행하여 결과 값을 비교하고 가장 결과 값이 큰 히스토그램이 매칭이 된다. people counting은 리스트에 노드가 추가가 되는 연산이 수행되면 그때 +1을 해주고 나가는 경우에 -1을 해주면 된다.

### 3. 실험 결과

제안 방법의 성능을 평가하기 위해서, 본 연구실에 실험영상을 제작해서 5개의 video sample을 만들었고, 결과는 그림 3에서 보여 진다.

위의 4개의 샘플은 4명의 사람이 방에서 나가는 순간을 캡처한 영상이다. 각 샘플의 맨 위의 영상 오른쪽 상단은 현재 방 안에 있는 사람의 수를 나타낸다. 사람이 나가는 것을 탐지 했을 때 저 숫자가 줄어들게 된다. 4개의 샘플 모두 사람이 나간다는 것을 성공적으로 탐지하여 들어온 사람의 수가 줄어든 것을 확인할 수 있다.

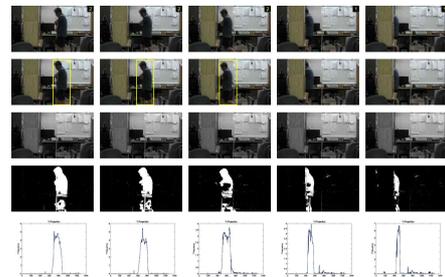


그림 3. 사용한 실험 영상

표 1. 4명의 사람과 비교한  $\rho$  값

	A	B	C	D
A	0.918873	0.769786	0.793798	0.762571
	0.904041			
	0.881578	0.774989		0.761849
	0.905355			
B	0.862142	0.849010	0.826265	0.777361
		0.899146		
	0.812875	0.844186		
		0.836218		
C	0.915736	0.839722	0.866379	0.833998
			0.890784	
	0.892518	0.813794	0.821591	
			0.867158	
D	0.824691	0.818411	0.851562	0.902959
				0.851133
				0.898289

표 1은 한 비디오 샘플에서 수행되는 모든 Similarity 비교값을 나타낸 값이다. 저장된 사람과 나가는 사람이 같은 연산이 여러 번 수행된 경우에는 해당되는 칸을 다시 나누어 표기하였다. 표를 보면 저장된 사람과 나가는 사람이 같은 경우의 값이 아닌 경우의 값들보다 대부분 더 크다.

### 4. 결론

본 논문은 영상인식을 통한 사람 계수 측정을 위해 각 사람이 가지고 있는 RGB컬러 기반의 사람 계수 측정 기법을 제안하였다. 그 기법으로 Bhattacharyya metric을 사용한 histogram similarity 비교를 통한 객체 판별방법을 제시하였다. 실험 결과를 통해 본 논문의 타당성을 입증하였다.

### 참고문헌

- [1] Z. Zhang et al. "A parking occupancy sensor detection algorithm based on AMR sensor", IEEE Sensors Journal, 15(2), Feb. 2015.
- [2] B. Iyer et al. "Dual-input dual output RF sensors for indoor human occupancy and position monitoring", IEEE Sensors Journal, 15(7), Feb. 2015.
- [3] P. Liu et al. "Occupancy inference using pyroelectric infrared sensors through hidden markov model", IEEE Sensors Journal, 16(4), Feb. 2016.
- [4] J. Trogh et al. "Enhanced indoor location tracking through body shadowing compensation", IEEE Sensors Journal, 16(7), Feb. 2016.
- [5] Z. Hua et al. "Track section occupancy detection model based on infrared ray sensors and time-series change rate matching," IEEE Sensors Journal, 16(4), Feb. 2016.