

레터논문 (Letter Paper)

방송공학회논문지 제24권 제2호, 2019년 3월 (JBE Vol. 24, No. 2, March 2019)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2019.24.2.353>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

점유센서를 위한 유사성 메트릭을 이용한 입출입 사람 매칭

우 영 제^{a)}, 정 재 준^{a)}, 최 창 열^{a)}, 김 만 배^{a)†}

Incoming and Outgoing Human Matching Using Similarity Metrics for Occupancy Sensor

Youngje Woo^{a)}, Jaejoon Jeong^{a)}, Changyeol Choi^{a)}, and Manbae Kim^{a)†}

요 약

점유센서의 주요 기능은 공간에 사람이 존재하는지를 결정하는 것이다. 사람이 있으면 점등하고, 반대이면 소등하게 된다. 모션 검출, 객체 추적 등의 방법이 있지만, 본 레터에서는 이 기능의 구현에 컬러를 활용한다. 사람의 컬러정보를 이용하여 입실하는 사람들의 정보를 저장하고, 퇴실하면 저장된 컬러정보와 비교하여 퇴실하는 사람을 인식하는 기법이다. 4가지 유사성 메트릭을 이용하여 성능을 검증하였다.

Abstract

The main functionality of occupancy sensors is to determine the existence of humans in the space. If the space is occupied, a light is on and for vacancy, the light automatically turns off. In this letter, the functionality is realized by the utilization of color information. The color information of incoming people is saved. For outgoing people, their color distribution is compared with the saved information, thus providing the recognition of the outgoing people. For the comparison, four similarity metrics are examined to validate the proposed method.

keywords : Occupancy sensor, Color histogram, Similarity metric, Human detection

a) 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과(Dept. of Computer and Communications Engineering, Kangwon National University)

† Corresponding Author : 김만배(Manbae Kim)

E-mail: manbae@kangwon.ac.kr

Tel: +82-33-250-6395

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4702-8276>

※ This research was supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program(IITP-2018-0-01433) supervised by the IITP(Institute for Information & communications Technology Promotion) and was supported by Basic Science Research Program through the NRF of Korea funded by the MoE (No. 2017R1D1A3B03028806).

· Manuscript received January 4, 2019; Revised March 8, 2019; Accepted March 8, 2019.

1. 서 론

카메라 비전센서를 활용하는 점유센서의 주요 기능은 공간 내에 사람의 존재 여부를 결정하는 것이다. 실내에 사람이 한명이라도 있으면 점등(light on)하고, 반대로 사람이 존재하지 않으면 소등(light off)하게 된다. 기존에 주로 사용되는 센서로는 PIR(pyroelectric infrared) 센서가 가장 많이 활용되어 왔다^[1,2]. PIR은 사람의 신체에서 발생하는 열을 감지하고, 열의 변화량을 계산하여 움직임을 측정한다.

따라서 사람의 움직임이 없으면 인식이 불가능해서 자동으로 소등되는 불편함이 있다.

최근에는 비전센서를 이용하여 PIR의 단점을 극복하고, 지능화된 감시 시스템을 구축하려는 추세이다^{3,4)}. 본 레터에서는 고정된 RGB 카메라를 이용하여 입실(incoming), 퇴실(outgoing)을 하는 사람을 인식하기 위해서, 사람의 피부색 및 착용한 옷의 색 등의 색상분포를 활용한다. 입실하는 사람의 RGB 컬러성분을 저장해두고, 유사성(similarity)을 측정하여 퇴실하는 사람을 인식하는 방법을 제안한다.

본 레터의 구성은 다음과 같다. 다음 장에서는 제안방법을 자세히 소개한다. III장에서는 실험결과를 분석하고, 마지막으로 IV장에서는 결론을 정리한다.

II. 제안 방법

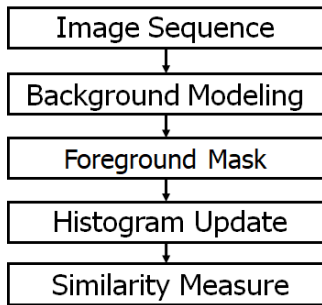


그림 1. 제안 방법의 흐름도
Fig. 1. The flow diagram of the proposed method

그림 1은 제안방법의 흐름도를 보여준다. 먼저, 비디오에서 전경객체를 검출하기 위해서 배경모델을 구한다. 배경모델의 초기값은 입력 영상의 그레이스케일의 값이며, t번째 영상을 Y_t 이면, 배경모델 B_t 를 구하는 식은 다음과 같다. 배경영상 B_{t-1} 의 픽셀값이 Y_t 보다 작으면 1을 더해주고, 반대이면 1을 감소한다.

$$B_t = \begin{cases} B_{t-1} + 1 & \text{if } Y_t > B_{t-1} \\ B_{t-1} - 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

객체영역을 찾기 위해서 배경영상을 차분하여 전경마스크를 얻는다. t번째 전경마스크 F_t 를 구하는 식은 다음과

같다.

$$F_t = \begin{cases} 255 & \text{if } |B_t - Y_t| > T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

여기서 실험에서는 임계값 $T=12$ 를 사용한다.

객체의 컬러 히스토그램을 얻기 위해서 전경마스크에서 객체의 바운딩박스를 구한다. 먼저 영상의 가로 크기만큼 배열을 생성하고 전경마스크에서 255값이 나오는 횟수의 누적 합을 배열에 저장한다. 그 배열에서 최대값을 가지는 인덱스가 idx^* 이다. idx^* 로부터 감소, 증가시켜 배열의 값이 0이 나오는 부분이 바운딩박스의 좌측과 우측의 경계가 된다. 같은 방식으로 영상의 행 크기만큼의 배열을 이용하여 상, 하 경계를 구한다. 이 바운딩박스에 있는 객체 픽셀의 전경마스크는 255를 가진다.

좌측에서 우측으로 이동하는 입실영상에서 전경객체의 히스토그램을 구한다. 픽셀의 R/G/B 값을 $16 \times 16 \times 16$ 으로 양자화한 후, 4,096개의 bin(bin)을 가지는 히스토그램 p 를 얻는다. 히스토그램은 먼저 정규화 작업을 거치면 확률 밀도함수가 된다. 정확도 향상을 위해 히스토그램을 다음과 같이 업데이트한다.

$$p_t = 0.8 \times p_t + 0.2 \times p_{t-1} \quad (3)$$

여기서 p_t 는 현재 전경객체의 히스토그램, p_{t-1} 는 이전 전경객체의 히스토그램이다.

동일한 환경에서 2명이 동시에 퇴실하는 영상도 위와 같은 작업을 수행한다. 그림 2는 실험영상의 예를 보여준다. 그림 2(a)는 1명 입실에서, 그림 2(b)는 1명 퇴실에서의 바운딩박스, 전경마스크 및 배경영상을 보여준다. 그림 2(c)는 2명 퇴실을 보여준다.

입실하는 사람들의 히스토그램 p_{in} ($in \in \{1, \dots, N\}$)을 저장해두고, 퇴실하는 사람의 히스토그램 q_{out} 과 p_{in} 과 비교하여 가장 오차가 적은 p_{in} 을 구하면, 퇴실하는 사람을 판단할 수 있다. 오차 계산을 위해 다음 4개의 유사성 측정 메트릭을 사용한다; Bhattacharyya metric^[5,6], Cosine similarity, Jensen Difference^[7], 및 Minknowski distance^[8]. 입실자와 퇴실자의 히스토그램 유사성을 4개의 메트릭으로 계산한다. $m=4,096$ 으로 bin(bin)의 개수이다.



그림 2. 연속 영상의 바운딩박스, 전경마스크 및 배경영상 (a) 한명 입실, (b) 한명 퇴실, 및 (c) 두명 퇴실

Fig. 2. The bounding box and foreground mask of subsequent images. (a) single incoming people, (b) single outgoing people, and (c) two outgoing people

- 1) Bhattacharyya metric(BM): 비교하는 두 히스토그램이 완벽하게 일치하면 0의 값을 갖고, 유사도가 떨어질수록 1에 가까운 값을 가진다.

$$d_{BM} = (1 - \sum_{u=1}^m \sqrt{p_u q_u})^{1/2} \quad (4)$$

- 2) Cosine similarity(CS): 두 히스토그램이 유사하면 1에 가까운 값을 가진다.

$$d_{CS} = \sum_{u=1}^m p_u q_u / (\sqrt{\sum_{u=1}^m p_u^2} \sqrt{\sum_{u=1}^m q_u^2}) \quad (5)$$

- 3) Jensen difference(JD): 비교하는 두 히스토그램의 유사성이 크면 1에 가까운 값을 가진다.

$$d_{JD} = H\left(\frac{p+q}{2}\right) - \frac{H(p)+H(q)}{2} \quad (6)$$

여기서 H는 Shannon 엔트로피이다.

- 4) Minknowski distance(MD): 두 히스토그램이 일치하면 0의 값을 가진다.

$$d_{ED} = \left(\sqrt[r]{\sum_{u=1}^m |p_u - q_u|^r} \right)^{\frac{1}{r}} \quad (7)$$

III. 실험 결과 및 분석

실험에서는 한명씩 입실하고, 퇴실은 1명 및 2명이 퇴실하는 경우에 대해 검증하고, 결과는 표 1에서 보여진다. A, B, C, D는 사람이고, 좌측열은 입실이고, 표 상단은 1명 퇴실, 2명 퇴실이다. A+B는 A, B가 동시에 퇴실을 의미한다.

표 1에서 incoming people과 single outgoing people의 관계에서는 모든 메트릭들이 사람을 100%로 구별한다. BM에서는 A, B, C, D의 d_{BM} 값은 각각 0.3016, 0.3123, 0.2226, 0.3392로 A, B, C, D에 매칭된다. BM은 값이 작을수록 높은 유사도를 가진다. CS, JD, MD도 같은 결과를 보여준다. incoming people과 two outgoing people의 관계에서는 가장 우수한 점수를 가지는 2개를 청색으로 표시한다. 적색은 이 2개 중에서 오검출(misdetection)을 나타낸다. BM을 보면 C+B에서 입실 C와 B를 포함하여 정확히 2명의 사람이 누구인지를 판별한다. A+D, A+D, A+B도 정확히 판별된다. 그러나 A+C에서는 C를 검출하지 않아, 검출 오류가 발생한다, B+D에서는 B가 오검출된다. 전체적으로 두 명이 퇴실해도 이 두 명의 컬러 히스토그램은 각 사람의 정보를 포함하고 있는 것을 보여준다. BM, CS, JD, MD를 이용한 유사성 측정 결과, 총 6가지 경우에 대해서 4가지 경우에서 100% 매칭, 2가지 경우에서 50% 매칭이 되었고, MD를 사용하였을 때 3가지 경우에서 100% 매칭되었고 나머지 경우에서 50% 매칭이 된다. 실험결과에 의하면 BM, CS, JD가 상대적으로 MD보다 성능이 좋음을 알 수 있다.

오검출의 원인은 컬러기반의 단점으로 발생하는 것으로 판단된다. 두 사람의 옷이 유사한 색상분포를 가지면 성능이 저하되는 문제가 발생한다. 이를 극복하기 위해서는 색상정보 이외에 외형 정보 등의 부가적인 정보의 사용이 필요하다. 또한 실제 환경에서는 다양한 사람이 이동이 발생하는데, 입실과 퇴실시 착용한 옷이 다르거나, 복수명의 사람이 겹쳐서 이동할 수 있다. 전자는 메트릭 값이 다르더라도, 유사한 사람을 찾아낼 수 있기 때문에, 사람 계수값은

표 1. 입실 및 퇴실의 유사성 메트릭 출력값. A, B, C, D는 사람이고, C+B는 C, B가 동시에 퇴실하는 것임. single outgoing people에서 bold 숫자는 가장 우수한 점수를 가리킴. Two outgoing people에서는 청색값은 가장 우수한 2개를 표시하고, 적색값은 검출오류를 표시함

Table 1. Similarity metric values of incoming and outgoing cases. A~D indicates people and C+B contains outgoing C and B. In single outgoing people, bold number indicates the best value. In two outgoing people, blue numbers indicate the best two values and red numbers indicate the misdetection

		Single outgoing people				Two outgoing people						
		A	B	C	D	B+C	A+D	C+D	A+B	A+C	B+D	
Incoming people	d _{BM}	A	0.3016	0.4669	0.4767	0.3704	0.3791	0.2452	0.3858	0.3180	0.2754	0.2768
		B	0.4672	0.3123	0.5123	0.5004	0.3142	0.5127	0.4914	0.2918	0.4388	0.4165
		C	0.5582	0.4583	0.2226	0.5208	0.3338	0.5331	0.2747	0.4267	0.3581	0.4468
		D	0.3796	0.5473	0.4928	0.3392	0.4655	0.2319	0.3921	0.4214	0.3263	0.3086
	d _{CS}	A	0.8704	0.5625	0.4340	0.8205	0.6387	0.9273	0.6323	0.8514	0.8156	0.8975
		B	0.6009	0.8803	0.5776	0.4935	0.7987	0.4760	0.5915	0.8206	0.6534	0.6287
		C	0.2562	0.6910	0.9782	0.3639	0.8799	0.3148	0.8638	0.5996	0.7172	0.5198
		D	0.6999	0.4931	0.4779	0.9592	0.5519	0.9407	0.7390	0.7091	0.8232	0.9067
	d _{JD}	A	0.1216	0.2808	0.2971	0.1780	0.1903	0.0814	0.2004	0.1318	0.1039	0.1012
		B	0.2860	0.1232	0.3358	0.3267	0.1329	0.3457	0.3150	0.1148	0.2543	0.2324
		C	0.3981	0.2698	0.0646	0.3483	0.1487	0.3697	0.1030	0.2418	0.1765	0.2676
		D	0.1939	0.3828	0.3102	0.1467	0.2845	0.0721	0.1998	0.2336	0.1419	0.1244
	d _{MD}	A	0.1955	0.3282	0.4486	0.2272	0.3092	0.1508	0.3365	0.2224	0.2321	0.1790
		B	0.2843	0.1192	0.3617	0.2895	0.1816	0.3526	0.3132	0.1532	0.2708	0.2532
		C	0.5407	0.3901	0.1198	0.4923	0.2839	0.5378	0.2625	0.4110	0.3557	0.4392
		D	0.3574	0.4359	0.4846	0.2182	0.4181	0.1861	0.3376	0.3655	0.2894	0.2503

정확히 유지될 수 있다. 후자는 2명이 입실하는데, 1명으로 판단하는 경우이다. 100% 두 사람이 겹치는 경우는 많지 않기 때문에 겹치는 사람들의 명수를 정확히 판단하는 기법이 요구된다. 한가지 방법으로 다중카메라를 설치하면 이 문제의 해결이 가능하다.

IV. 결론

본 레터에서는 점유센서의 기능인 점유 판단 여부를 위해 컬러 유사성 메트릭을 이용한 방법을 제안하였다. 메트릭으로 Bhattacharyya metric, Cosine similarity, Jensen difference, Minkowski distance를 사용했는데, 전체적으로 2명의 사람도 분별할 수 있는 성능을 보여주고 있다. 제안방법은 제한된 환경에서 활용이 가능하다. 다양한 환경에서 적용할 수 있는 강인성을 얻기 위해서 다중카메라를 사용하면, 실험에서 언급한 문제점들을 해결할 수 있다.

참고 문헌 (References)

- [1] Liu, S. Nguang, and A. Partridge, "Occupancy inference using pyroelectric infrared sensors through Hidden Markov Model", *IEEE Sensors Journal*, 16(4), Feb. 2016.
- [2] F. Wahl, M. Milenkovic, and O. Amft, "A distributed PIR-based approach for estimating people count in office environments", *IEEE Conf. on Computational Sci. and Eng.*, 2012.
- [3] J. Gil and M. Kim, "Real-time people occupancy detection by camera vision sensor", *Journal of Broadcast Engineering*, Vol. 22, No. 6, Nov. 2017.
- [4] Y. Benezeth, H. Laurent, B. Emile, and C. Rosenberger, "Towards a sensor for detecting human presence and characterizing activity", *Energy and Buildings*, 43, 2011.
- [5] D. Comaniciu, V. Ramesh, and P. Meer, "Kernel-based object tracking", *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 25(5):564 - 577, May 2003.
- [6] J. Lee and J. Yoo, "Real-time face tracking method using improved Camshift", *Journal of Broadcast Engineering*, Vol. 21, No. 6, Nov. 2016.
- [7] A. Elgammal, R. Duraiswami, and L. Davis, "Probabilistic tracking in joint feature-spatial spaces", *IEEE Conf. Comp. Vision Pattern Recognition*, pp. 781 - 788, 2003.
- [8] M. Zakai, "General distance criteria," *IEEE Trans. Info. Theory*, vol.IT-10, no. 1, pp. 94 - 95, Jan. 1964.