

면적의 변화 특성을 이용한 위험 유기물 형상 추출 모델

김원

우송대학교 IT융합학부 교수

Dangerous Abandoned Object Extraction Model Using Area Variation Characteristics

Won Kim

Professor, Division of IT Convergence, Woosong University

요약 최근에 미국, 영국, 일본에서 폭발물, 독성 화학물 등에 의한 테러가 공공장소에서 시도되고 있다. 위험물을 공공장소에서 두고 가는 방식은 탐지하기 어려운 방법 중에 하나로 인식되고 있다. 공공장소에는 곳곳에 카메라가 영상을 녹화하고 있지만, 그 영상을 사람이 일일이 모니터링 하는 것은 쉽지 않은 일이다. 최근에는 자동으로 영상을 분석하는 지능형 소프트웨어를 유기물 탐지에 이용하고 있다. Lin 등의 방식은 비교적 높은 유기물 탐지율을 보이고 있으나, 단기 배경 영상의 특성으로 유기물에 관련한 픽셀의 수가 시간이 지날수록 급격히 감소하는 경향이 있어 그 형상 정보를 얻기가 어렵다. 본 논문에서는 면적의 변화 특성을 분석함으로써 유기물의 형태를 성공적으로 추출하기 위한 새로운 기법을 제안한다. 제안한 방식에 대해 실험을 한 결과 선행 연구보다 형태 추출에서 우수한 성능을 보인다.

주제어 : 융합, 영상추적, 위험 유기물, 배경 영상, 혼합 가우시안

Abstract Recently the terrors have been attempted in the public places of the nations such as United states, England and Japan by explosive things, toxic materials and so on. It is understood that the method in which dangerous objects are put in public places is one of the difficult types in detection. While there are the cameras recording videos for many spots in public places, it is very hard for the security personnel to monitor every videos. Nowadays the smart softwares which can analyzing videos automatically are utilized to detect abandoned objects. The method by Lin et al. shows comparatively high detection rates for abandoned objects but it is not easy to obtain the shape information because there is a tendency that the number of the pixels decreases abruptly along the time goes due to the characteristics of short-term background images. In this research a novel method is proposed to successfully extract the shape of the abandoned object by analysing the characteristics of area variation. The experiment results show that the proposed method has better performance in extracting shape information in comparison with the precedent approach.

Key Words : Convergence, Visual Tracking, Dangerous Abandoned Object, Background Image, Mixture of Gaussian

This paper was supported by the 2020 Woosong University academic research fund.

*Corresponding Author : Won Kim(kimwon@wsu.ac.kr)

Received July 7, 2020

Accepted August 20, 2020

Revised August 11, 2020

Published August 28, 2020

1. 서론

최근에는 미국, 영국 등의 선진국에서 반체제 집단에 의한 폭탄 테러, 화학물 테러 등의 시도가 공공장소에서 빈번히 일어나고 있다. 이 공공장소의 테러 중에서 예방하기 어려운 것이 유기물에 의한 테러로서, 폭탄 등의 테러 물질이 담긴 가방을 지하철 역사, 버스 정류장 등에 몰래 놓아두고 사람들이 많이 모이는 시각에 터뜨려 인명 피해를 입히려는 테러 방식이다.

공공장소에는 CCTV를 설치하여 다양한 위험 상황을 모니터링하고 있으며, 지능형 소프트웨어와의 융합으로 인하여 감시자의 판단 없이 자동적으로 위험 상황을 감지하고 있다. 유기물 탐지에 있어서도 영상 분석을 통한 자동 감지 시스템과[1], 전방 영상 처리 기법을 사용하여 보다 적극적으로 로봇을 활용한 감지 기법을 연구한 사례도 있다[2,3]. 유기물을 자동적으로 추출하기 위해서 MOG(Mixed Of Gaussian) 필터를 적용하여 영상처리 기법을 한 연구 및 이를 도심 영상에 적용한 시도가 있었다[4-6]. 또한 전방 물체의 자동적 도출을 위하여 호모그래피(Homography)를 이용하는 등의 기법을 사용한 연구가 있었고[7,8], 유기물을 버린 사람의 형상을 탐지하는 연구의 시도가 있었다[9-11]. 공공장소재난 방지를 위해서 드론 영상을 추적에 사용하고, 화재 경보를 발생하는데 영상처리 기법을 사용한 시도가 있었다[12-14]. 최근에는 보행자의 인식을 위해 HOG 기법을 개선하는 연구가 있었으나[15], 단기 배경 영상의 특성으로 유기물에 관련한 픽셀의 수가 시간이 지날수록 급격히 감소하는 경향이 있어 그 형상 정보를 획득하기 어려운 경우

가 발생한다. 본 논문에서는 유기물의 형태 추출을 위하여 면적의 변화 특성을 분석하여, 유기물의 형태를 성공적으로 추출하기 위한 새로운 기법을 제안한다. 제안 모델을 통하여 유기물 탐지 시스템에 적용할 경우 유기물의 형태 추출이 용이할 것으로 기대된다.







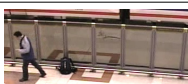


2. 유기물 영상 탐지 시스템

공공장소에서 CCTV 영상을 분석하여 유기물을 탐지하는 시스템은 MOG(Mixture Of Gaussian) 기법을 적용한 배경영상을 추출하는 방식에 기반하고 있다. 배경영상을 구성할 경우, 감시영상의 학습 비율(Learning Rate)에서 λ_L 을 느리게 조정하면 장기(Long-term) 배경영상 B_L 을 구할 수 있으며, 마찬가지로 빠른 학습 비율에서 λ_S 를 적용하여 배경영상을 구성하면 단기(Short-term) 배경영상 B_S 를 획득할 수 있다.

유기물을 탐지하기 위해서는 전방물체(Foreground object)영상을 획득해야 하는데, 여기서 전방물체 영상은 현재 입력되는 비디오 프레임 영상과 배경영상의 차영상을 계산함으로써 구성할 수가 있다. 본 논문의 유기물 영상탐지 시스템에서 전방물체 영상은 현재 적용하는 배경영상의 종류에 따라 장기 전방물체 영상 F_L 과 단기 전방물체 영상 F_S 가 있다.

다음의 Table 1은 본 논문에서 사용된 시험영상의 일부에 대한 장기, 단기 전방물체 영상을 나타낸 것이다.

Table 1. Foreground objects changes with long-term and short-term phase filters

Stage	Source Image	Foreground Object (Long-term, FL)	Foreground Object (Short-term, FS)
Person + Bag			
Bag (on the floor)			
Bag (abandoned)			

유기물은 사람이 가지고 있는 단계, 바닥에 내려놓는 단계, 유기하는 단계와 같이 3단계로 나누어 표현할 수 있다. 앞의 Table 1에서 장기 전방물체 영상 F_L 을 보면 옆에 정리된 단기 전방물체 영상 F_S 에 비교하여 픽셀상태가 비교적 천천히 소멸하는 특성을 갖는다는 것을 확인할 수 있다.

여기서 전방물체 영상은 0과 1의 값을 갖는 바이너리(Binary) 자료 구조이다. 더 나아가 장기, 단기 전방물체 영상의 비트(Bit)를 추출한 후 다음의 식 (1)을 수행하여, 전방물체 상태 S_i 를 획득할 수 있다.

$$S_i = F_L(i)F_S(i) \quad (1)$$

이 수식을 이용하여 영상을 구성하는 각 픽셀에 대해 4개의 상태 S_1, S_2, S_3, S_4 를 획득할 수 있다. 다음의 Table 2는 상태의 의미를 정리한 것이다.

Table 2. States interpretation in detection System

S_i	$F_L F_S$	Pixel state interpretation
0	0 0	Background
1	0 1	Uncovered background
2	1 0	Candidate static foreground
3	1 1	Moving foreground

여기서, 상태 S_1 은 영상의 픽셀이 단순 배경에 속했다는 것을 의미하며, 상태 S_3 은 움직이는 물체임을 의미한다. 상태 S_2 는 F_L 의 값이 1이어서 장기적으로 볼 때 전방물체이지만, F_S 의 값이 0이므로 최근에 나타난 물체로 해석되어 정적(Static) 전방물체에 속해 있다는 것을 의미한다. 한편 S_1 은 F_L 과 F_S 의 값으로 볼 때 그림자 등으로 발생하는 현상으로 해석할 수가 있다.

3. 유기물 형상 추출 시스템의 설계

영상을 구성하는 픽셀의 상태를 기반으로 하는 유기물 형상 추출 상태 천이 개념을 다음의 Fig. 1에 나타내었다. 이 개념은 Lin이 제안한 것으로서 초기 단계에서는

상태 S_3 의 픽셀을 탐지하여 움직이는 모든 물체에 대한 픽셀 정보를 정리한다[10]. 상태 S_3 으로부터 상태 S_2 로 천이하는 픽셀들을 후보 전방물체(Candidate static foreground)로 정리한다. 이렇게 상태 천이한 픽셀들은 일단 이동물체로 분류되었으나, 빠른 λ_S 가 적용된 F_S 의 값의 변화로 인하여 비교적 최근에 나타난 물체로 해석될 수 있기 때문이다. 일시적인 영상 노이즈 현상을 제거하기 위하여 타이밍 조건(Timing condition)을 고려해서 충분한 시간 동안 상태가 유지되면 최종 전방물체(Final foreground, FG)에 속한 픽셀로 구분하여 유기물을 탐지하는 원리이다.

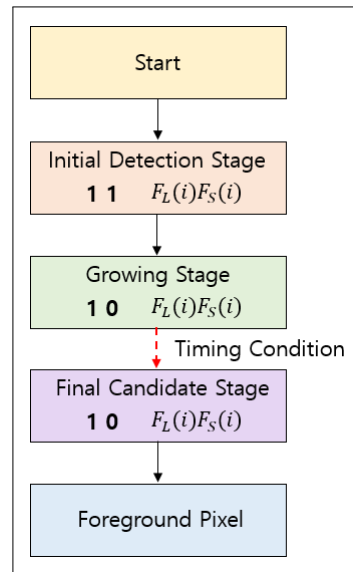


Fig. 1. Diagram of pixel-based state transition

픽셀 기반의 상태 천이 방식의 유기물 탐지 시스템은 비교적 탐지 성능이 좋은 편이다. 그러나 유기물 탐지 여부를 판단하기 위한 충분한 타이밍 시간을 기다리는 동안 단기 전방 영상 필터의 빠른 학습 비율 λ_S 에 의하여 전방 물체의 픽셀들이 지수함수적으로 감소한다는 점을 눈여겨보아야 한다. 본 논문에서는 유기물 탐지 여부의 탐지 판단 정보뿐만 아니라 유기물의 형태 정보도 온전히 제공할 수 있는 시스템의 설계를 다루고 있기 때문이다. 이를 위해서는 다음의 Fig. 2에 나타난 바와 같이 탐지된 유기물을 표현하는 픽셀의 면적(Area)의 변화특성의 이해가 필요하다.

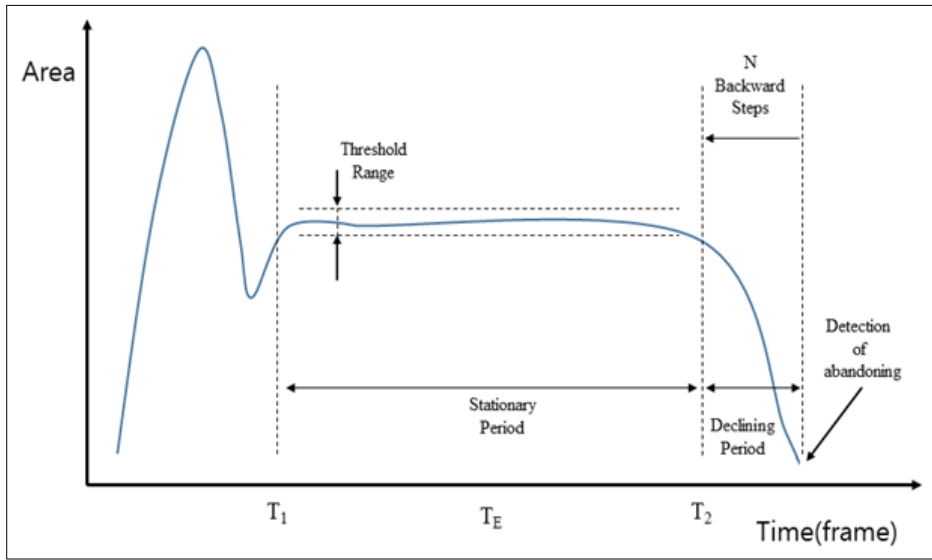


Fig. 2. Characteristics of area change in image frames for abandoned objects

일반적으로 앞의 Fig. 2에 나타낸 타이밍 조건 (Timing condition) 기간 동안 유기물의 면적은 일정기간 유지가 될 수 있는데, 이를 정적 기간(Stationary period)라고 한다. 그 기간이 지나면 단기 전방 영상 필터의 λ_s 에 의하여 픽셀 수가 급격히 감소하는 데 이를 감소 기간(Declining period)라 한다. 이 구간이 끝나는 시점에 픽셀이 남아 있는 경우 물체가 유기되었음을 결정하게 된다.

다음의 Fig. 3은 면적 정보의 변화를 고려한 유기물의 형태를 추출하는 프로세스이다. 먼저 유기물이 유기되었음을 결정하게 되면, 감소 기간(Declining period)을 피하기 위해서 역방향(Backward)으로 N개 프레임을 지나쳐 정적 기간(Stationary period)에서 픽셀들을 검토했다.

시간에 대해 역방향으로 면적의 변화를 검토해서 그 변화가 임계값(Threshold)을 넘는가를 판단하여, 그 시간을 T_1 으로 기록한다. 감소 기간의 시작 시간을 T_2 로 기록한 후, T_1 과 T_2 의 산술평균을 계산해서 형태 추출 시간 T_E (Extracting time for shape)를 결정한다. 이 시간 T_E 에 대한 유기물 픽셀 정보를 메모리에서 복원하면 유기물의 형태 정보를 획득할 수 있게 된다.

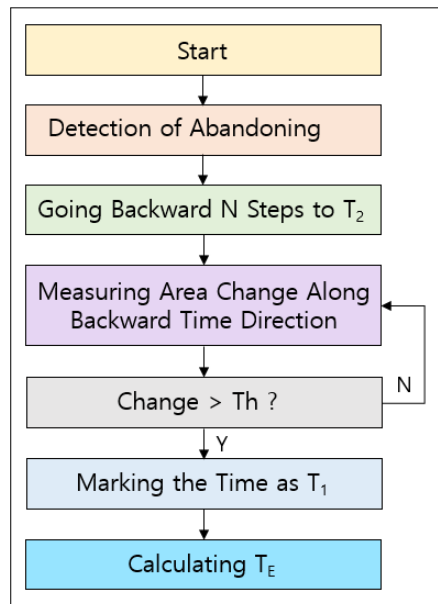


Fig. 3. Process for T_E

4. 위험 유기물 형상 추출 실험

제안된 모델의 유기물 탐지 성능을 확인하기 위하여 영상 처리 분야에서 많이 사용되는 다음의 Fig. 4와 같은 PETS을 사용하여 실험하였다.

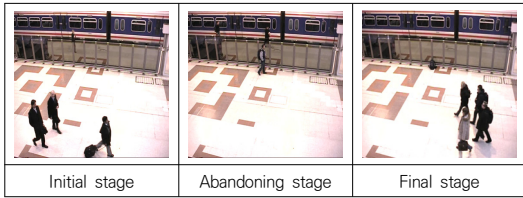


Fig. 4. Video for the experiment(PETS)

다음의 Fig. 5는 제안된 모델에서 측정된 전방 물체 형상의 면적 변화를 시험 영상 프레임에 대비하여 그래프 나타낸 것이다. 실험에서 단기 전방 영상 필터의 감소계수는 $\lambda_S = 0.002$ 로 설정하였으며, 이에 따라 역방향 스텝(Backward step)으로서 $N = 150$ 프레임으로 선정하였다. 실험 결과, $T_1 = 2,050$ 프레임, $T_2 = 2,800$ 프레임으로 측정되어 형태 추출 시간은 이 둘의 산술평균인 $T_E = 2,425$ 프레임으로 계산된다.

제안된 모델의 유기물의 형태 추출 성능을 평가하기 위해서 선행 연구 시스템인 Lin[10]의 결과와 비교하여 다음의 Table 3에 나타내었다.

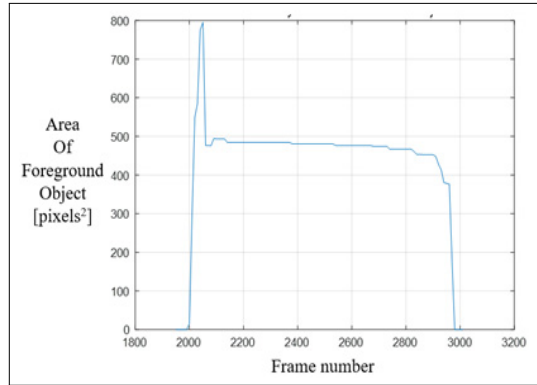


Fig. 5. Plot of area for foreground object over frames

유기물의 형상은 측정된 면적 변화 구간 중에서 정적 기간(Stationary period)에 속하는 2,050-2,850 프레임 구간의 형태와 면적 평균 정보(485.81[pixels²])를 평가 기준으로 삼았다. 다음의 Table 3에 의하면 제안된 모델의 면적 추출 성능은 그 오차가 5.3[pixels²]로서 비교 대상의 주요 이벤트 시점의 추출 형태 정보 보다 정확하고 우수한 성능을 보인다.

Table 3. Performance of shape extraction systems

Extraction Method	Original Frame	Extracted Shape	Frame Number	Area [pixels ²]	Error [pixels ²]
Lin method in the owner appearing			2,050	795.0	309.2
Lin Method before alarming			2,930	413.0	72.8
Lin method at alarming state			2,970	176.5	309.3
Proposed method			2,425	480.5	5.3

5. 결론 및 향후 연구

현대 사회는 도시화의 가속화로 도시 범죄가 급속하게 증가되고 있고, 날이 흉포해지고 있는 실정이며, 외국인의 입국절차가 유연한 국내에서의 테러 위협이 과거에 비해 높아지고 있는 실정이다. 따라서 사회 안전은 일반 시민이 생활하는데 있어 매우 중요한 사회 관리 요소라 할 수 있다. 오늘 날의 국가간, 민족간의 분쟁에 있어서 테러가 만연하고 있으며, 특히 위험 유기물을 의도적으로 공공장소에 내버려두고 이를 통하여 폭탄이나 화학물질로 일반 대중을 대상으로 해를 입히려는 시도는 항상 그 가능성이 높은 상황이다. 이를 해결하기 위한 방안의 일환으로 위험 유기물을 영상으로 탐지하려는 연구가 다수 추진되고 있다. 그러나 유기물의 탐지 성능은 우수하나 탐지가 되었을 때 유기물의 형상정보가 제대로 추출되지 않아 유기물의 종류를 판단하는데 어려움을 가지고 있다. 본 논문에서는 유기물의 형태 정보를 감시 대상 면적의 변화 특성을 이용하여 형상 추출 시점에 대한 산출이 가능하고, 비교적 우수한 형상 정보를 획득할 수 있는 모델을 제안한다. 제안 모델의 시험 결과 면적 추출 성능은 그 오차가 5.3[pixels²]로서 비교 대상의 주요 이벤트 시점의 추출 형태 정보보다 정확하고 우수한 성능을 확인하였다. 제안 모델을 통하여 유기물 탐지 시스템에 적용할 경우 유기물의 형태 추출이 용이할 것으로 기대된다. 향후 연구에서는 장기, 단기 영상 처리 필터의 계수를 최적화 관점에서 설계할 수 있는 연구가 계속되어야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] N. Bird, S. Atev, N. Caramelli, R. Martin, O. Masoud & N. Papanikolopoulos. (2006). *Real Time, Online Detection of Abandoned Objects in Public Areas*. Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, Orlando, Florida. DOI: 10.1109/ROBOT.2006.1642279
- [2] F. Porikli, Y. Lvanov & T. Haga. (2008). Robust Abandoned Object Detection Using Dual Foregrounds. *EURASIP Journal on Advanced in Signal Processing*. DOI : 10.1155/2008/197875
- [3] W. Kim. (2013). Design of Mobile Security Robot for Detection of Abandoned Dangerous Object. *Journal of Korean Institute of Information Technology*, 11(9), 181-187.
- [4] Y. Tian, R. S. Feris, H. Liu, A. Hampapur & M. T. Sun. (2011). Robust detection of abandoned and removed objects in complex surveillance videos. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 41(5), 565-576. DOI : 10.1109/TSMCC.2010.2065803
- [5] Q. Fan & S. Pankanti. (2011). Modeling of temporarily static objects for robust abandoned object detection in urban surveillance. *Proceedings of IEEE International Conference on Advanced Video and Signal-Based Surveillance (AVSS)*, 36-41. DOI : 10.1109/AVSS.2011.6027290
- [6] H. H. Liao, J. Y. Chang & L. G. Chen. (2008). A localized approach to abandoned luggage detection with foreground-mask sampling. *Proceedings of IEEE Fifth International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance*, 132-139. DOI : 10.1109/AVSS.2008.9
- [7] F. Lv, X. Song, B. Wu, V. K. Singh & R. Nevatia. (2006). Left-luggage detection using Bayesian inference. *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 83-90.
- [8] E. Auvinet, E. Grossmann, C. Rougier, M. Dahmane & Meunier. (2006). Left-luggage detection using homographies and simple heuristics. *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 51-58.
- [9] N. Dalal & B. Triggs. (2005). Histograms of oriented gradients for human detection. *Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 886-893. DOI : 10.1109/CVPR.2005.177
- [10] K. Lin, S. C. Chen, C. S. Chen, D. Lin & Y. Hung. (2015). Abandoned Object Detection via Temporal Consistency Modeling and Back-Tracing Verification for Visual Surveillance. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 10(7), 1359-1370. DOI : 10.1109/TIFS.2015.2408263
- [11] V. Kadam, N. Shinde, S. Pol & S. Godse. (2016). Abandoned Object Detection. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR, An On-line Journal)*, 2(6).
- [12] J. Lee, J. Lee & K. Lee. (2016). A Scheme of Security Drone Convergence Service using Cam-Shift Algorithm. *Journal of Korea Convergence Society*, 7(5), 29-34. DOI : 10.15207/JKCS.2016.7.5.029
- [13] B. Kang & K. Lee. (2016). Fire Alarm Solutions Through the Convergence of Image Processing Technology and M2M. *Journal of Korea Convergence Society*, 7(1), 37-42. DOI : 10.15207/JKCS.2016.7.1.037
- [14] K. Kim, G. Geum & C. Jang. (2017). Research on the Convergence of CCTV Video Information with Disaster Recognition and Real-time Crisis Response System. *Journal of Korea Convergence Society*, 8(3), 15-22.

DOI : 10.15207/JKCS.2017.8.3.015

- [15] H. Kim, Y. Park, K. Kim & S. Lee. (2019). Modified HOG Feature Extraction for Pedestrian Tracking, *Journal of Korea Convergence Society*, 10(3), 39-47.
DOI : 10.15207/JKCS.2019.10.3.039

김 원(Won Kim)

[정회원]



- 1990년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과(공학사)
- 1999년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과(공학석사)
- 2007년 8월 : 한국과학기술원 전자전산학과(공학박사)
- 1990년 3월 ~ 1997년 2월 : 국방과학연구소 연구원
- 2000년 3월 ~ 2007년 7월 : 우송공업대학 디지털전자정보계열 교수
- 2007년 8월 ~ 현재 : 우송대학교 IT융합학부 교수
- 관심분야 : 비전 시스템, 무선통신, 로보틱스, 유전자 알고리즘
- E-Mail : kimwon@wsu.ac.kr