KICSP 한국 융합신호처리학회
한국융합신호처리학회논문지 Vol. 19, No. 4 : 192~198 December. 2018

프레임 감산과 형태학적 필터를 이용한 드론 영상의 이동표적의 검출

이민혁, 염석원*
대구대학교 정보통신공학부

Moving Target Detection based on Frame Subtraction and Morphological filter with Drone Imaging

Min-Hyuck Lee, SeokWon Yeom*
School of Computer and Communication Eng., Daegu University

요 약 최근 드론의 활용이 여러 방면에서 급격하게 증가하고 있다. 드론은 원격으로 표적을 효율적으로 촬영할 수 있어 감시와 보안 시스템에 유용하다. 본 논문은 드론을 이용한 움직이는 차량을 검출하는 세 가지 방법을 연구한다. 배경 영상, 선행 프레임, 또는 이동 평균 프레임과 현재 프레임과의 감산 기법을 이용한 표적 검출을 비교한다. 프레임 감산 후 형태학적 필터링을 적용하여 검출률을 높이고 오보율을 감소시킨다. 또한 표적의 크기를 알고 있다는 가정 하에 영역크기 비교를 통하여 오경보 영역을 제거한다. 실험에서는 움직이는 3대의 자동차를 드론으로 촬영하여 앞서 제시한 방법에 따라 표적을 검출하고 각각 검출율과 오보율을 구하였다.

• 주제어 : 드론 영상, 물체 검출, 프레임 감산, 형태학적 필터링, 영상 감시

Abstract Recently, the use of drone has been increasing rapidly in many ways. A drone can capture remote objects efficiently so it is suitable for surveillance and security systems. This paper discusses three methods for detecting moving vehicles using a drone. We compare three target detection methods using a background frame, preceding frames, or moving average frames. They are subtracted from a current frame. After the frame subtraction, morphological filters are applied to increase the detection rate and reduce the false alarm rate. In addition, the false alarm region is removed based on the true size of targets. In the experiments, three moving vehicles were captured by a drone, and the detection rate and the false alarm rate were obtained by three different methods and the results are compared.

• Key Words : Drone Imaging, Object Detection, Frame Subtraction, Morphological Filtering, Video Surveillance

Received 15 December 2018, **Revised** 26 December 2018, **Accepted** 28 December 2018

* **Corresponding Author** Seokwon Yeom, School of Computer and Communication Engineering, Daegu University, 201 Daegudae-ro, Gyeongsan, South Korea. E-mail: yeom@daegu.ac.kr

Ⅰ. 서론

보안과 감시를 위해 표적 검출과 추적은 중요한 요소이다. 이를 통하여 잠재적 위험 요소를 사전에 인식하고 예기치 못한 위협을 미연에 방지할 수 있다[1,2]. 드론은 시스템의 효율성과 경제성으로 최근 다양한 방면에 활용되고 있다. 특히 영상 카메라는 드론에 용이하게 탑재되어 원격촬영에 적합한 시스템을 구축 할 수 있다. 그러나 드론에 탑재되는 컴퓨터 성능은 메모리, CPU, 배터리, 통신 대역폭 등의 제약을 받는다[3]. 또한 드론으로 획득한 원거리에 위치한 표적 영상은 해상도가 낮고 잡음으로 인해 영상의 열화가 일어날 수 있다.

프레임 감산을 이용한 표적의 검출은 다양하게 연구되어왔다. 배경 및 대상 영역은 가우시안 혼합 모델링(Gaussian Mixture Modeling)으로 분석되었고[4-6]. 참고문헌 [7]에서 배경은 가우시안 혼합 가정에 따라서 감산되고 형태학적 필터(Morphological Filter)가 적용되었다. 드론을 이용한 표적의 검출과 추적은 [8-10]에서 연구되었다.

본 논문에서는 프레임 차와 형태학적 필터링, 검출 영역 제한에 기반을 둔 원거리 이동 표적 검출 방법을 연구한다. 프레임 차는 현재 프레임과 (1) 배경 프레임, (2) 선행 프레임, (3) 이동 평균 (Moving Average) 프레임 중 하나와 구해진다. 배경 프레임은 표적이 존재하지 않을 때 획득한 영상이며 선행 프레임은 일정한 간격 전의 프레임이고 평균 프레임은 N개 선행 프레임의 평균이다. 프레임 차의 절대값은 임계값을 적용하여 이진영상을 생성하고 형태학적 연산인 침식(Erosion)과 팽창(Dilation)을 적용한다. 마지막으로, 표적의 크기를 안다는 가정 하에 최소크기 보다 작은 표적 영역을 제거한다. 실험에서 드론은 92m 상공에서 3대의 이동하는 차량을 약 12초 동안 촬영하였다. 실험결과 이동 평균 프레임의 감산을 이용한 경우 검출률은 95.48%이고 선행프레임을 이용할 경우 오경보율은 프레임 당 2.69개로 산출되어 각각 다른 방법보다 우수하다는 것을 보였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 표적 검출 방법에 대해 설명하고, 3장에서는 드론영상을 이용한 표적검출 실험을 수행한다. 4장에서는 결론으로 끝을 맺는다.

Ⅱ. 검출 방법

이동하는 표적의 검출은 그림 1과 같이 프레임 감산에 기반을 둔다.

Fig. 1. Block diagram of object detection

첫 단계에서 현재 프레임과 기준 프레임 사이의 감산이 다음과 같이 수행된다.

$$I_T(i,j;k)=\begin{cases}1, \text{if } |I_F(i,j;k)-I_G(i,j;k)|\geq \theta_T \\ 0, otherwise\end{cases}, \quad i=1,...,M, j=1,...,N \tag{1}$$

여기서, $I_F(i,j;k)$와 $I_G(i,j;k)$는 각각 k번째 프레임과 기준영상이다. M과 N은 각각 수평과 수직 방향의 화소수이다. 기준영상은 다음과 같이 3가지 방법 중 하나로 구한다. 첫 번째는 식 (2)와 같이 표적이 존재하지 않을 때 획득한 배경영상이고 식 (3)은 k_d 간격으로 선행된 프레임이다. 마지막으로 식 (4)는 이동표준 영상으로 L개의 선행 프레임을 평균한 영상이다.

$$I_G(i,j;k)=I_B(i,j) \tag{2}$$

$$I_G(i,j;k)=I(i,j;k-k_d) \tag{3}$$

$$I_G(i,j;k)=\frac{1}{L}\sum_{l=k-k_d-L}^{k-k_d-1} I(i,j;l) \tag{4}$$

그 후 임계값 θ_T 로 이진영상을 생성한다. 생성된 이진영상에 형태학적 연산인 침식과 팽창이 이진영상에 적용된다[11].

$$I_E=\{p|E_p\cap I_T^c=\varphi\} \tag{5}$$

$$I_D=\{p|D_p\cap I_E\neq\varphi\} \tag{6}$$

여기서, E와 D는 각각 침식과 팽창연산을 위한 행렬이고 p는 영상 크기보다 작은 정수 값이다. 마지막 단계에서 표적의 크기를 안다는 가정 하에 최소 크기보다 작은 영역을 다음과 같이 제거한다.

$$W_O(i,j) = \begin{cases} 1, \theta_s \le Size(W_O) \\ 0, otherwise \end{cases} \quad (7)$$

여기서, θ_s는 임계값이고 Size()는 분할된 조각영역의 크기이다.

Ⅲ. 실험 결과

3.1 시나리오

드론(Panthom 4 Advanced)을 이용하여 92m 높이에서 세 대의 이동하는 표적(자동차)의 동영상을 30fps로 약 12초 동안 372 프레임을 획득하였다. 각 프레임의 4096×2160 화소로 연산량의 감소를 위하여 프레임의 크기를 20% 크기인 819×406 화소로 축소하였다. 화소 1개는 0.1344미터에 해당한다. 세 대의 차량은 멈춤 없이 각기 다른 초기화 위치와 운행을 보인다. 그림 2는 150번째 프레임의 표적 1~3을 보여준다.

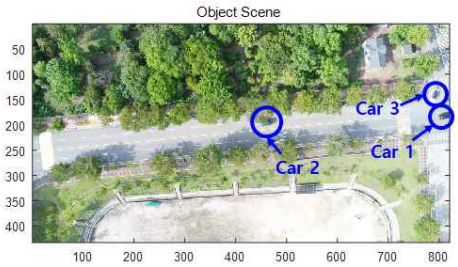


Fig. 2. Targets 1-3

표적 1은 31번째 프레임부터 155번째 프레임, 표적 2는 31번째 프레임부터 259번째 프레임, 표적 3은 123번째 프레임부터 372번째 프레임까지 카메라의 가시범위(Field of View)에 관측되었다. 표 1은 표적의 시작과 종료 프레임 그리고 총 프레임 수를 보여준다.

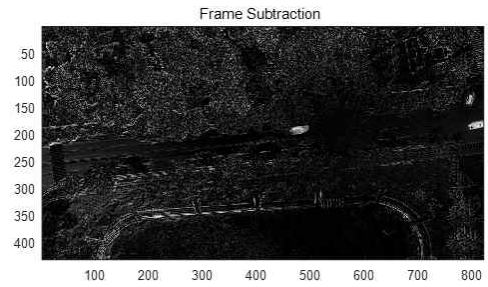
Table 1. Target Detection Frame

	Initial Frame	Final Frame	# of Frames
Car 1	31	155	125
Car 2	31	289	259
Car 3	123	372	299

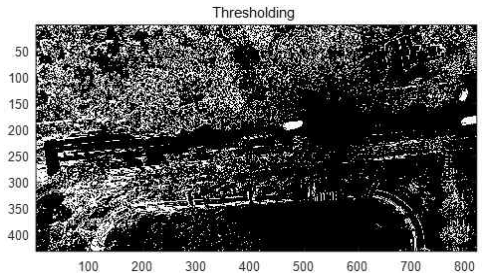
3.2 배경 영상을 이용한 표적 검출

그림 3의 배경영상은 이동표적이 없는 상태에서 획득하였다. 배경 감산은 그림 2와 그림 3의 차로 수행된다. 그림 4(a)와 4(b)는 식 (1)의 결과이고 그림 4(c)는 식 (5)와 식 (6)의 결과로 5개의 관심영역(ROI: Region of Interest)을 추출하였다. '*' 는 각 영역의 중심을 나타낸다. 그림 4(d)는 식 (7)의 결과로 5개의 ROI영역을 나타낸다. 그림 5(a)는 ROI 윈도우로 표적영역을 포함하는 가장 작은 직사각형이고 그림 5(b)는 원영상에서 분할된 영역을 보여준다. 이동하는 3개의 표적과 더불어 2개의 오경보가 검출되었다.

Fig. 3. Background Scene



(a)



(b)

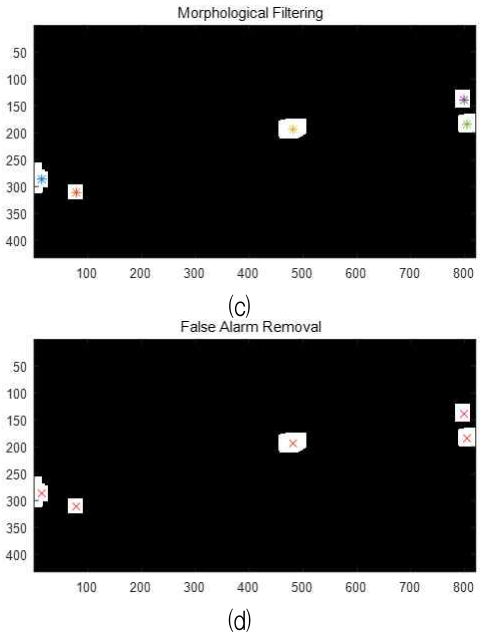


Fig. 4. (a) Background subtraction, (b) Thresholding, (c) Morphological filtering, (d) False alarm removal

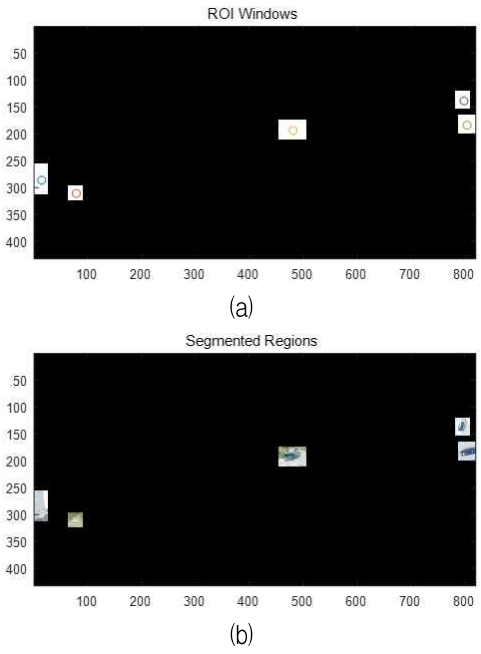


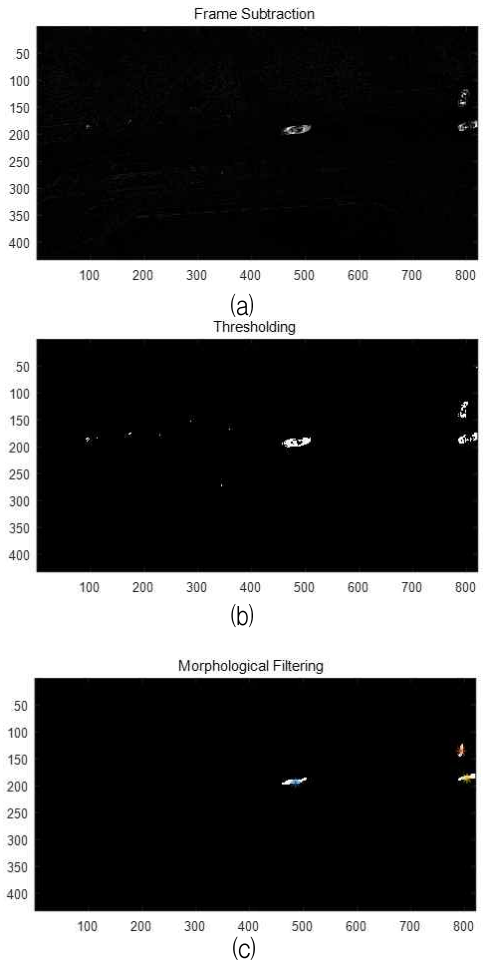
Fig. 5. (a) ROI windows, (b) Segmented regions

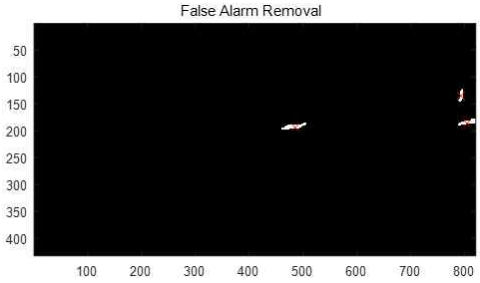
3.3 선행 프레임을 이용한 표적 검출

선행프레임 감산을 위한 식 (3)의 k_d는 4로 설정하였다. 그러므로 그림 2의 150번째 프레임은 4 프레임 전인 그림 6의 146번째 프레임과 식 (1)로 차이를 구하였다.

Fig. 6. The 146th frame

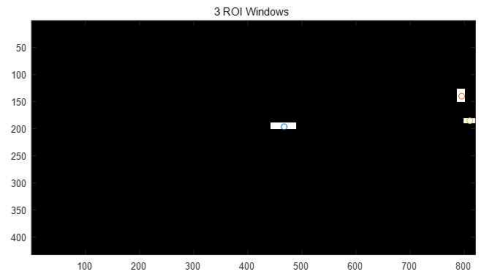
그림 7(a)와 그림 7(b)는 이진 영상을 생성하기 위한 프레임 감산과 임계값을 적용한 결과이다. 그림 7(c)는 형태학적 필터링 결과를 보여준다. 식 (7)에 따라 작은 오류영역을 제거하고 그림 7(d)를 도출하였다. 그림 8은 ROI 윈도우와 분할된 표적영역을 보여준다. 이동하는 3개의 표적이 검출되었고 오경보는 검출되지 않았다.



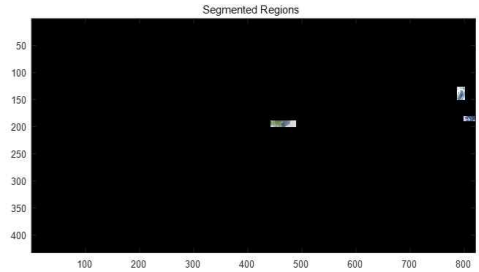


(d)

Fig. 7. (a) Frame subtraction, (b) Thresholding, (c) Morphological filtering, (d) False alarm removal



(a)



(b)

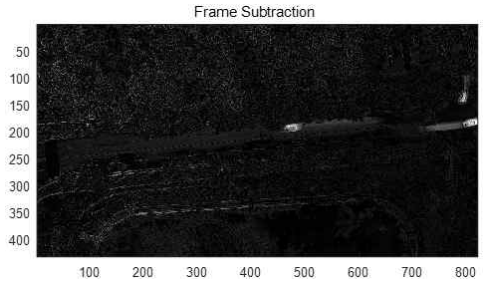
Fig. 8. (a) ROI windows, (b) Segmented regions

3.4 이동 평균영상을 이용한 표적 검출

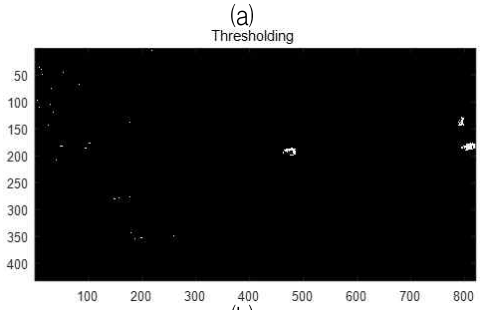
이동 평균영상을 구하기 위한 식 (4)의 k_d는 0, L은 30으로 설정하였다. 그러므로 그림 9는 120번째 프레임부터 149번째 프레임까지의 평균 영상을 보여준다.

Fig. 9. Average frames from 120th to 149th frame

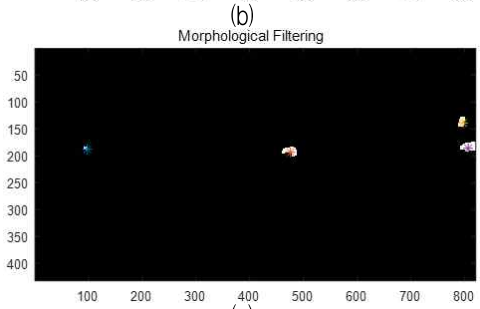
그림 10(a)와 그림 10(b)는 이진 영상을 생성하기 위한 프레임 감산과 임계값을 적용한 결과이다. 그림 10(c)는 형태학적 필터링 결과를 보여준다. 식 (7)에 따라 그림 10(d)를 도출하였다. 그림 11은 ROI 윈도우와 분할된 표적영역을 보여준다. 이동하는 3개의 표적이 검출되었고 오경보는 검출되지 않았다.



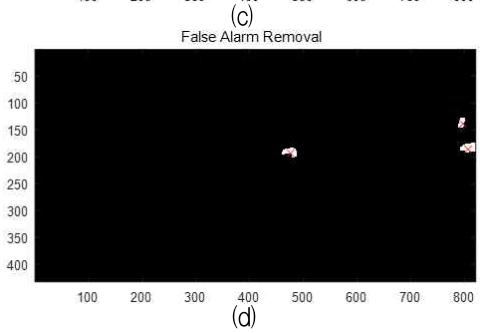
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 10. (a) Moving average frame subtraction, (b) Thresholding, (c) Morphological filtering, (d) False alarm removal

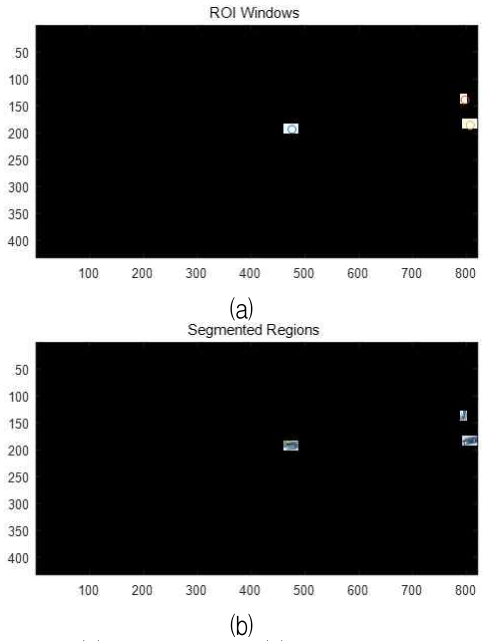


Fig. 11. (a) ROI windows, (b) Segmented regions.

표 2는 각 실험에서 사용한 파라미터의 설정 값으로 가장 높은 검출율을 생성되는 값을 실험적으로 구하였다. 표 3은 세 가지 방법의 검출율(R_D)과 오경보율(R_{FA})을 보여준다. 검출율은 이동평균 프레임을 이용한 결과가 95.48%로 가장 높았고 오경보율은 선행프레임을 이용한 결과가 2.69개/frame으로 가장 우수하였다. 미검출은 주로 표적이 배경 색이 유사한 경우나 나무에 차량이 가려졌을 때 발생하였다. 오경보는 주로 바람에 의한 드론의 흔들림 또는 표적이 2개로 분리되는 경우 1개를 오검출로 계산하여 발생하였다.

Table 2. Parameter design

	Background	One Frame	Moving Average
Θ_T	30	30	80
D	28	15	6
E	8	9	2
Θ_s	700	90	100

Table 3. Comparison between three detection methods

	Background		One Frame		Moving Average	
	R_D(%)	R_{FA}	R_D(%)	R_{FA}	R_D(%)	R_{FA}
Car 1	100	0.52	100	0.027	100	0.056
Car 2	98.07		91.12		98.84	
Car 3	75.60		92.59		87.6	
Avg	91.22		94.57		95.48	

Ⅳ. 결론

본 논문에서는 다수의 이동 표적을 드론에 의해 원거리에서 획득하고 검출하였다. 표적은 배경, 선행프레임, 또는 이동평균 프레임의 감산을 이용하여 검출되었다. 실험 결과는 이동평균 프레임을 이용한 경우 검출율이 가장 높았으며 선행 프레임을 이용한 경우 오경보율이 가장 낮았다. 향후 도출된 결과를 이용하여 표적의 추적 연구를 계획하고 있다.

ACKNOWLEDGMENTS

본 논문은 대구대학교 학술연구비 지원에 의해 수행된 연구임.

REFERENCES

[1] A. Hampapur, L. Brown, J. Connell, S. Pankanti, A.W. Senior, and Y.-L. Tian, “Smart surveillance: applications, technologies and implications,” IEEE Pacific-Rim Conference on Multimedia, Singapore, Dec. 2003.

[2] R. Kumar, et al., “Aerial video surveillance and exploitation,” IEEE Proceedings of the IEEE, vol. 89, no. 10, 2001.

[3] U.-P. Chong, W.-J. An, Y.-M. Kim, and J.-C. Lee, “An automatic collision avoidance system for drone using a LiDAR sensor,”KICSP Vol. 19, No. 2, pp. 54~60, 2018.

[4] W. Chung, Y. Kim, Y.-J. Kim, and D. Kim, “A two-stage foreground propagation for moving object detection in a non-stationary,” IEEE AVSS. pp. 187-193, 2016.

[5] C.-H. Yeh, C.-Y. Lin, H.-E. Lai, K. Muchtar, and M.-T. Sun, “Three-pronged compensation and hysteresis thresholding for moving object detection in real-time video surveillance,” IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. 64, no. 6, pp. 4945-4955, 2017.

[6] Y. Wu, X. He, and T. Q. Nguyen, “Moving object detection with a freely moving camera via background motion subtraction,” IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 27, pp. 236-248, 2017.

[7] A. Olugboja and Z. Wang, “Detection of moving objects

using foreground detector and improved morphological filter," 2016 3rd International Conference on Information Science and Control Engineering, Vienna International Hotels, Beijing, China, 2016.

[8] M.-H. Lee and S. Yeom, "Multiple target detection and tracking on urban roads with a drone,"Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, vol. 35, no. 6, pp. 6071-6078, 2018. https://doi.org/10.3233/JIFS-169847

[9] M.-H. Lee and S. Yeom, "Detection and Tracking of Multiple Moving Vehicles with a UAV," International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems, vol. 18, no 3, pp 182-189, 2018.
http://doi.org/10.5391/IJFIS.2018.18.3.182

[10] M.-H. Lee and S. Yeom, "Multiple Target Tracking with a Drone," Korea Institute of Convergence Signal Processing, vol 19, no2, 2018.

[11] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital image processing 3rd, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2008.

저자 소개

이 민 혁 (Min-Hyuck Lee)

2013년 3월~현재 : 대구대학교 (공학사)
관심분야 : Intelligent Image Processing and Target Tracking.

염 석 원 (Seokwon Yeom)

1997년 : 한국전력사원
1999년 : 고려대학교 대학원 전자 공학석사
2006년 : 코네티컷 대학교 전자컴퓨터 공학박사
2007년~현재 : 대구대학교 정보통신공학부 교수
2014년 : 메릴랜드 대학교 방문교수
2014년~현재: 한국융합신호처리학회 부회장
2016년~현재: 한국지능시스템학회 이사