
시각집중과 평균이동 알고리즘을 이용한 선박 검출

박장식*

Ship Detection Using Visual Saliency Map and Mean Shift Algorithm

Jang-Sik Park*

요약

본 논문에서는 효율적 항만관리를 위하여 영상기반 선박 검출 방법을 제안한다. 움직이는 선박의 추적이 용이하도록 시각집중 알고리즘과 평균이동 알고리즘을 적용하여 배경정보를 포함하지 않는 선박영역을 검출한다. 시각집중알고리즘은 배경으로부터 두드러진 특징을 갖는 객체를 추출하는데 효과적이기 때문에 해상에서 선박을 검출하는데 용이하다. 돌출영역에 포함되어 있는 배경정보를 제거하기 위하여 평균이동 알고리즘을 이용하여 영상 분할 및 클러스터링을 한다. 돌출영역 내에 있는 화소 중에서 돌출영역 주변의 클러스터와 같은 컬러값을 갖는 화소를 배경으로 처리함으로써 선박만을 검출한다. 항만에 설치된 고해상도 카메라의 영상을 이용하여 선박 검출 시뮬레이션 결과 제안하는 방법이 선박을 검출하는데 효과적임을 보인다.

ABSTRACT

In this paper, a video based ship detection method is proposed to monitor port efficiently. Visual saliency map algorithm and mean shift algorithm is applied to detect moving ships don't include background information which is difficult to track moving ships. It is easy to detect ships at the port using saliency map algorithm, because it is very effective to extract saliency object from background. To remove background information in the saliency region, image segmentation and clustering using mean shift algorithm is used. As results of detecting simulation with images of a camera installed at the harbor, it is shown that the proposed method is effective to detect ships.

키워드

선박검출, 시각집중, 평균이동, 영상분할
Ship Detection, Saliency map, Mean shift, image segmentation

1. 서론

선박 모니터링은 항만을 외부 침입 또는 선박 충돌하고 등으로부터 안전하게 관리하는데 중요한 요소이다[1]. 특히, 선박의 충돌 사고는 항만 내에서 많이 발생하고 있어 항만 내에서 선박의 위치를 모니터링하기 위하여 종래에는 레이더를 주로 이용하였으나, 최

근에는 영상을 기반 모니터링 시스템이 제안되고 있다[1-3]. 항만뿐만 아니라 선박이 교량에 충돌하는 사고를 예방하기 위하여 CCTV 영상보안감시 시스템[4-6]과 적외선 영상감시시스템(FLIR, Foward Looking Infrared)이 도입되기도 한다[2], FLIR 감시시스템을 도입하는데 있어 고려사항은 움직이는 선박을 안정적으로 검출하는데 있다. FLIR 감시시스템을 사

* 경성대학교 전자공학과(jsipark@ks.ac.kr)

접수일자 : 2012. 12. 13

심사(수정)일자 : 2013. 01. 15

게재확정일자 : 2013. 02. 20

용하는데 있어 주된 어려움은 첫 번째 주변환경과 검출 대상 간의 낮은 열적 대비에 있으며, 두 번째는 낮은 열적 대비에 대하여 낮은 SNR을 갖는다. 세 번째는 작은 검출 대상에 대하여 지리적, 공간적 분포와 통계적인 정보가 불충분하다는 것이다[3]. 그리고, 항만 내에서의 사고는 주로 움직이는 소형 선박에 의하여 발생하고 있어 항만 내에서 움직이는 선박을 검출하여 추적하는 기술이 요구되고 있다. 움직이는 객체에 대한 추적은 Kalman 필터, Particle 필터 등의 기술이 적용되고 있으며 이들 알고리즘은 객체의 특징을 포함하는 정확한 객체 검출이 필요하다.

본 논문에서는 고해상도 CCTV 카메라의 영상에 대하여 시각집중(visual saliency map)[7] 알고리즘과 평균이동(mean shift) 알고리즘을 적용하여 선박을 검출하는 방법을 제안한다. 시각집중 알고리즘은 평균영상으로부터 Gaussian 필터링한 영상의 차영상으로부터 집중 맵(saliency map) 정보를 이용하기 때문에 배경으로부터 두드러진 특징을 보이는 객체를 검출하는데 효과적이다. 따라서, 해상에서 이동하는 선박을 검출하는데 효과적인 알고리즘이다[8]. 한편, Comanicu[9,10] 등은 영상의 특징 공간을 분석하고 확률적으로 가장 높은 밀도 영역을 찾는 평균이동 필터(Mean shift filter)를 이용하여 영상을 분할(segmentation)하는 방법을 제안하였다. 평균이동 필터는 지역적인 밀도가 최대인 영역으로 향하는 평균이동 벡터를 따라 클러스터의 픽셀과 중심점을 이동함으로써 클러스터를 분할할 수 있다.

본 논문에서는 시각집중 알고리즘과 평균이동 알고리즘을 적용하여 항만에서 선박을 검출하는 시뮬레이션을 통하여 항만 모니터링에 적합함을 보인다.

II. 시각집중과 평균이동 알고리즘

2.1 시각집중 알고리즘

시각집중 알고리즘의 기본적인 개념은 그림 1과 같다. 식 (1)과 같이 입력 영상의 관심영역(ROI, Region of Interest)에 대하여 전체 평균값 Gaussian 필터링한 영상 $I_{w_{hc}}(x,y)$ 의 차 $S(x,y)$ 를 얻는다.

$$S(x,y) = |I_{\mu} - I_{w_{hc}}(x,y)| \quad (1)$$

$S(x,y)$ 를 집중 맵(Saliency map)이라고 하고 이를 이용하여 배경과 구분되는 객체를 추출하는데 활용한다.

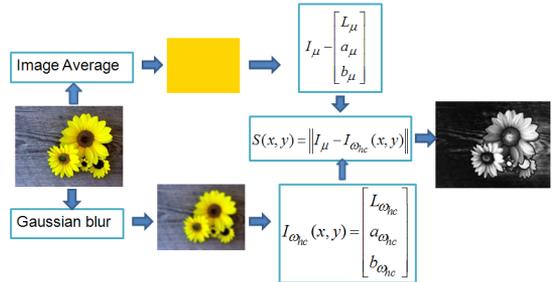
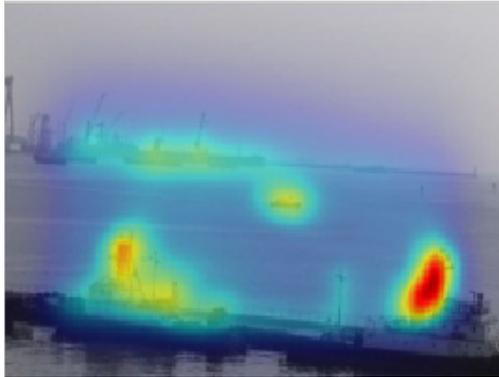


그림 1. 시각 집중 알고리즘 개념(by Chien-Chi Chen)
Fig. 1 Concept of saliency map algorithm(by Chien-Chi Chen)

시각집중 알고리즘의 집중맵은 평균영상과 Gaussian 필터영상의 차이기 때문에 대부분의 배경을 포함하는 평균영상으로부터 돌출된(saliency) 영역의 값이 크게 나타난다. 따라서, 그림 1에서 주변 배경과 두드러진 특징을 갖는 꽃 영역의 값이 크다. 임계값을 적절히 조절하면 배경으로부터 객체를 추출하는데 효과적이다. 그림 2는 항만 영상에 대하여 시각집중 알고리즘을 적용한 결과이다. (a)는 원영상이며, (b)는 집중 맵을 색으로 표현한 것으로 빨간 색은 정규화 값이 1에 가까운 값이다. (c)는 집중 맵 영상을 정규화하여 임계값을 0.93으로 설정하여 0.93보다 작은 값은 0으로 처리하여 집중 맵 값이 0.93보다 큰 부분만 표시한 결과이다.



(a)



(b)



(c)

그림 2. 시각 집중 알고리즘을 이용한 선박검출 결과, (a) 원영상 (b) 시각 집중 맵영상(오버레이) (c) 0.93 임계값 적용 선박 검출 영역

Fig. 2 Results of ship detection using saliency map algorithm. (a) original image, (b) saliency map image(overlay), (c) detected region at threshold 0.93

2.2. 평균이동 알고리즘

본 논문에서는 검출된 돌출영역 내에서 배경 특성을 포함하지 않는 선박만을 분리 검출하기 위하여 평균이동 영상 분할(mean shift segmentation)을 한다. 평균이동 알고리즘은 데이터 집합의 확률밀도분포에서 지역극값(local extrema)을 찾아 내는 비모수적인(non-parameteric) 통계적 방법이다[9,10].

d 차원의 R^d 공간에서 n 개의 \mathbf{x}_i , $i = 1, \dots, n$ 데이터가 주어졌을 때, 다변수 커널 밀도 추정(kernel density estimator)은

$$f(\mathbf{x}) = \frac{1}{nh^d} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{\mathbf{x} - \mathbf{x}_i}{h}\right) \quad (2)$$

이며, h 는 커널 창(window)의 반지름이다. $K(x)$ 는 방사형 대칭 커널(radially symmetric kernels)으로써 식 (3)를 만족하는 커널 프로파일(profile) $k(x)$ 를 정의할 수 있다.

$$K(\mathbf{x}) = c_{k,d} k(\|\mathbf{x}\|^2) \quad (3)$$

여기서, $c_{k,d}$ 는 $K(x)$ 의 적분이 1이 되도록 하는 정규화 상수(normalization constant)이다. 밀도와 밀도 추정 간의 오차가 최소가 되도록 커널 프로파일 $k(x)$ 를 선정한다. 일반적으로 Epanechnikov 커널과 정규 커널(normal kernel)을 사용한다[7]. 밀도함수의 모드(modes)는 기울기 함수(gradient function)가 0이 되는 위치, 즉, $\nabla f(\mathbf{x}) = 0$ 인 위치에 존재한다.

식 (2)의 다변수 커널밀도추정의 기울기는

$$\nabla f(\mathbf{x}) = \frac{2c_{k,d}}{nh^{d+2}} \sum_{i=1}^n (\mathbf{x} - \mathbf{x}_i) k'\left(\left\|\frac{\mathbf{x} - \mathbf{x}_i}{h}\right\|^2\right) \quad (4)$$

이다. 식 (4)에 대하여 식 (5)와 같이 함수를 정의할 수 있다.

$$g(x) = -k'(x) \quad (5)$$

여기서, $g(x)$ 는 식 (6)와 같이 정의되는 커널 $G(x)$ 의 프로파일이다.

$$G(\mathbf{x}) = c_{g,d} g(\|\mathbf{x}\|^2) \quad (6)$$

여기서, $c_{g,d}$ 는 정규화 상수이다. 식 (6)의 커널밀도추정의 기울기는 식 (4)를 이용하여 식 (7)으로 표시할 수 있다. 커널 $K(x)$ 는 커널 $G(x)$ 의 그림자(shadow)라고 한다.

$$\begin{aligned} \nabla f(\mathbf{x}) &= \frac{2c_{k,d}}{nh^{d+2}} \sum_{i=1}^n (\mathbf{x}_i - \mathbf{x}) g\left(\left\|\frac{\mathbf{x} - \mathbf{x}_i}{h}\right\|^2\right) \\ &= \frac{2c_{k,d}}{nh^{d+2}} \left[\sum_{i=1}^n g\left(\left\|\frac{\mathbf{x} - \mathbf{x}_i}{h}\right\|^2\right) \right] [\mathbf{z} - \mathbf{x}] \end{aligned} \quad (7)$$

식 (7)의 z 은 식 (7)과 같다.

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n x_i g\left(\left\|\frac{x-x_i}{h}\right\|^2\right)}{\sum_{i=1}^n g\left(\left\|\frac{x-x_i}{h}\right\|^2\right)} \quad (8)$$

식 (7)의 첫 번째 항은 커널 $G(x)$ 로 계산되는 x 에서의 커널밀도추정에 비례한다. 두 번째 항은

$$m_h = \frac{\sum_{i=1}^n x_i g\left(\left\|\frac{x-x_i}{h}\right\|^2\right)}{\sum_{i=1}^n g\left(\left\|\frac{x-x_i}{h}\right\|^2\right)} - x \quad (9)$$

으로써, 평균이동(mean shift)이다. 즉, 가중평균(weighted mean)과 커널의 중심의 차이이다. 평균이동 벡터의 방향은 항상 밀도함수의 최대값으로 지향한다. 평균이동은 다음과 같이 연속적으로 계산한다.

- (1) 평균이동 벡터 $m_h(x^t)$ 의 계산
- (2) $x^{t+1} = x^t + m_h(x^t)$ 에 따라 커널 창 의 이동

영상에서의 밀도함수는 컬러 분포 또는 밝기 분포이다. 평균이동을 이용한 영상분할은 동질성(homogeneity)을 갖는 화소들을 클러스터로 묶는 것을 의미한다. 현재 화소와 유사한 컬러 또는 밝기 분포를 갖는 화소들의 평균위치와 공간영역에서의 평균값을 계산하고 이동함으로써 모드(최대값)으로 수렴하여 클러스터를 형성한다. 모드에서의 컬러값 또는 밝기값을 클러스터 내의 각 화소의 컬러값과 밝기값으로 대체하면 공간영역 내에서 균일한 컬러값 또는 밝기값을 갖게 된다. 영상의 경계영역에서는 최소값을 갖게 되므로 영상에서 경계가 보존된다.

그림 3은 항만 영상에 대하여 평균이동 영상분할을 적용한 결과이다. (a)는 입력영상이며 (b)는 영상분할된 결과이다. 바다 위의 작은 선박이 배경과 대비되어 영역 분할되는 것을 확인할 수 있다.



(a)



(b)

그림 3. 항만 영상에 대하여 평균이동 영상 분할 적용 결과. (a) 입력영상 (b) 평균이동을 이용한 영상분할 결과

Fig. 3 Results of image segmentation using mean shift algorithm for port video frames. (a) input image, (b) result of image segmentation using mean shift algorithm

III. 제안하는 선박검출 알고리즘

본 논문에서는 배경을 포함하지 않고 선박영역만을 검출하여 움직이는 선박의 추적을 용이하게 하기 위하여 시각집중 알고리즘과 평균이동 알고리즘을 결합하여 선박을 검출하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 그림 4의 흐름도와 같은 순서로 선박을 검출한다.

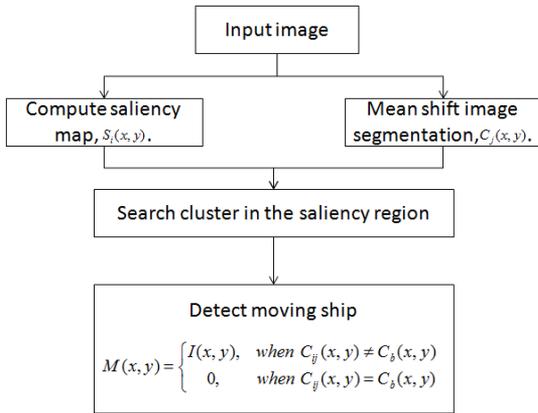


그림 4. 제안하는 선박 검출 방법 흐름도
Fig. 4 Flow chart of the proposed ship detection method

입력영상에 대하여 시각집중 알고리즘과 평균이동 알고리즘을 각각 적용하여 시각집중 맵에서 돌출영역 (saliency region), $S_i(x,y)$ 을 추출하고, 평균이동 영상분할을 통하여 클러스터, $C_j(x,y)$ 구한다. i,j 는 각각 분리된 돌출영역과 클러스터의 인덱스이다. 돌출영역 이외의 화소는 배경영역을 처리를 한다. 그리고, 돌출영역 내부의 화소에 대하여 돌출영역 외부의 주변 클러스터와 같은 컬러값을 갖는 화소를 식 (10)과 같이 배경으로 처리하여 선박과 배경을 분리한다.

$$M(x,y) = \begin{cases} I(x,y), & \text{when } C_{ij}(x,y) \neq C_b(x,y) \\ 0, & \text{when } C_{ij}(x,y) = C_b(x,y) \end{cases} \quad (9)$$

여기서, $M(x,y)$ 는 검출된 선박이며, $C_{ij}(x,y)$ 는 돌출영역 i 내부에 있는 j 번째 클러스터이고, $C_b(x,y)$ 는 돌출영역 주변 클러스터의 컬러값이다.

IV. 실험 및 결과검토

항만에 설치된 고해상도 CCTV 카메라 영상에 대하여 제안하는 선박 검출 및 추적 방법을 적용하였다. 시뮬레이션에 사용한 영상은 AVRRun사의 Full HD IP 카메라로 획득한 영상으로 해상도는 1,600×1,200 화소이다. 그림 5는 이동하는 선박에 대하여 검출 및 추적 결과이다. (a)는 입력영상이며, (b)는 각각에 대한 검출결과이다. 시각집중 맵 영역내에서 배경 영역과 같

은 클러스터를 제거하여 움직이는 선박이 검출됨을 확인할 수 있다.



(a)



(b)

그림 5. 시각집중과 평균이동 알고리즘을 결합하여 선박을 검출한 결과 (a) 입력영상, (b) 검출결과
Fig. 5 Ship detection results using a combination method of saliency map and mean shift algorithm (a) input image, (b) detected result

IV. 결 론

본 논문에서는 항만을 효율적으로 모니터링하기 위하여 고해상도 CCTV 카메라 영상을 이용하여 선박을 검출 및 추적하는 방법을 제안한다. 항만에서 선박을 검출하기 위하여 시각집중 알고리즘과 평균이동 알고리즘을 이용하였다. 항만을 촬영한 고해상도 영상에 대한 시뮬레이션을 통하여 성능을 검증하였다. 항

후 배경추정 및 Kalman 필터 등과 같은 추적알고리즘을 적용하여 움직이는 선박을 추정하여 항만 선박 관제시스템에 활용하고자 한다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 경성대학교 학술연구비지원에 의하여 연구되었음.

본 논문은 한국전자통신학회 2012년도 추계종합학술대회 우수논문학술상을 수상하였습니다.

참고 문헌

[1] Sergiy Fefilatyeu, "Detection of Marine Vehicles in Image and Video of Open Sea", Graduate School These and Dissertations, University of South Florida, 2008.

[2] J. Liu, H. Wei, X. Y. Huang, N. S. He and K. Li, "An FLIR Video Surveillance System to Avoid Bridge-Ship Collision", Proceedings of the World Congress on Engineering 2008, Vol I, London, 2008.

[3] J. Liu, X. Y. Huang, Y. Chen, and N. S. He, "Target recognition of FLIR images on radial basis function neural network", in Proc. Advances in Neural Networks, ISNN 2007, 4th International Symposium on Neural Networks, pp. 772-777, Nanjing, 2007.

[4] 김익순, 신현식, "건물정보모델 기반 지능형 CCTV 보안감시 시스템 개발", 한국전자통신학회논문지, 6권, 5호, pp. 789-795, 2011.

[5] 김익순, 신현식, "CCTV카메라를 활용한 3D 지리정보시스템 구현", 한국전자통신학회논문지, 6권, 4호, pp. 559-565, 2011.

[6] 김익순, 유재덕, 김배훈, "u-City 환경에서 지능형CCTV를 이용한 감시시스템 구현 및 감시방법", 한국전자통신학회논문지, 3권, 4호, pp. 295-303, 2008.

[7] Itti, L., Koch, C., Niebur, E. "A Model of Saliency-based Visual Attention for Rapid Scene Analysis", PAMI 20, pp. 1254-1259, 1998.

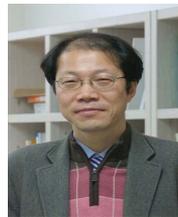
[8] 박장식, 윤병우, 김현태, 송종관, "시각집중 알고리즘을 이용한 선박검출", 한국전자통신학회, 2012 추계종합학술대회논문집, 6권, 2호, pp. 155-156, 2012.

[9] D. Comaniciu and P. Meer, "Mean Shift Analysis and Application", Proceedings of 7th IEEE International Conference on Computer Vision, Vol. 2, pp. 1197-1203, 1999.

[10] D. Comaniciu and P. Meer, "Mean Shift: A Robust Approach Toward Feature Space Analysis", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligent, Vol. 24, No. 5, pp. 603-619, 2002.

[11] 김종훈, 이대우, 조겸래, "평균 이동 알고리즘을 이용한 영상기반 실내 물체 추적", 제어자동화시스템공학회 논문지, 12권, 8호, pp. 746-751, 2006.

저자 소개



박장식(Jang-Sik Park)

1992년 2월 부산대 전자공학과(학사)
 1994년 2월 부산대 전자공학과(석사)
 1999년 2월 부산대 전자공학과(박사)
 1997년 3월~2011년 2월 동의과학대

학 디지털정보전자과 교수

2011년 3월~현재 경성대학교 전자공학과 교수로 재직

※ 관심분야 : 적응신호처리, 음성 및 음향신호처리, 영상처리 및 영상인식 등임