

교통 영상에서의 차량 검지를 위한 형상분해 국부영역 임계기법

최 호 진, 박 영 태
경희대학교 전자공학과
경기도 용인시 기흥읍 서천리 1번지

Shape-Resolving Local Thresholding for Vehicle Detection

Ho Jin Choi, Young Tae Park
Department of Electronics Engineering, Kyung Hee University
hojins@yahoo.com, ytpark@nms.kyunghee.ac.kr

Abstract

Selecting locally optimum thresholds, based on optimizing a criterion composed of the area variation rate and the compactness of the segmented shape, is presented. The method is shown to have the shape-resolving property in the subtraction image, so that overlapped objects may be resolved into bright and dark evidences characterizing each object. As an application a vehicle detection algorithm robust to the operating conditions could be realized by applying simple merging rules to the geometrically correlated bright and dark evidences obtained by this local thresholding.

I. 서론

영상정보에 기반한 교통감시 시스템은 도로상의 교통 혼잡도를 자동으로 측정하고 교통정보를 제공함으로써 정체구간을 완화시키기 위한 목적으로 사용된다.

인접한 차량에 대한 전역 최적 임계값(globally optimum threshold)적용은 분리 되어야 할 밝고 어두운 증거 영역을 연결시킬 우려가 있다. 또한 Yanowitz, Nakgawa이 제시한 국부 최적 임계값(locally optimum threshold)방법은 배경

의 공간적인 변화와 조명의 변화에도 비교적 좋은 성능을 발휘하지만 중첩된 차량을 분리 검출하는데 한계를 가지고 있다.

본 논문에서는 정확한 차량의 형상을 추출하는 기법보다는 차량이 중첩되어 보이는 경우에도 차량의 존재 여부를 확실하게 검지 할 수 있는 기법의 연구에 중점을 두었다. 국부 최적 임계 표면을 국부영상의 특성에 따라 자동으로 산출함으로써 차량이 중첩되어 있을 경우도 각 차량의 밝고 어두운 뚜렷한 증거(evidence)를 검출하고 차량의 기하학적 특징을 이용한 합병규칙에 의해 합병하는 간단하고도 빠른 방법을 제안하였으며 차량 추적 알고리즘과 배경 갱신 알고리즘을 접목하여 실제 교통영상에서의 성능 측정을 하였다.

II. 초기 차량영역 검출기법

배경영상은 연속되는 영상에서 화소 값의 중간 값을 취함으로써 얻어진다. 차량영역은 차량의 색상, 반사, 그림자 등의 조건에 따라 밝고 어두운 부분이 동시에 존재한다. 차량이 겹쳐 보일 경우, 전역 최적 임계값을 사용하면 인접한 차량의 밝고 어두운 영역이 서로 연결되어 나타나므로 차량영역을 분리하기 어렵다.

국부영역 상에서 임계값의 변화에 따라 검출된

영역의 크기변화에 대한 예를 그림 1에 보인다. i 번째 임계값에 따라 검출된 영역의 크기를 A_i 로 표시하면 크기의 변화율은 $\beta_i = A_{i+1}/A_i$ 가 되고 차량의 증거영역이 존재하는 비율인 α_i 가 산출된다. 여기서 $\beta > \tau_1$ 의 조건을 만족하는 임계값 중에 $\alpha > \tau_2$ 의 조건을 만족하는 임계값을 선택한다. 그림 1의 예에서 위의 조건을 만족하는 임계값과 2진 영상을 화살표로 표시했다. 검출된 영역은 인접한 차량과 분리됨을 알 수 있다 ($\tau_1 = 1.5, \tau_2 = 0.4$).

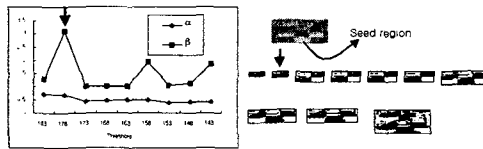


그림 1. 국부 최적 임계값 설정의 예

초기 관심지역(seed region)의 선택을 자동화하기 위해서 다음과 같은 반복(iteration) 기법을 적용하였다.

국부 최적 임계값 설정 기법:

Step 1: 차 영상 히스토그램의 최대 값이 T_0 일 때, 초기 임계값 T 를 $T = T_0 + \theta$ 로 설정.

Step 2: 차 영상에 임계값 T 를 적용한 2진영상을 생성, image labeling을 적용 연결영역의 사각형 좌표를 초기 영역 정보 $S_1 = \{R_1^1, R_2^1, \dots, R_n^1\}$ 에 저장한다. ($p = 1$)

Step 3: Do { $T \leftarrow T - \eta, p \leftarrow p + 1$.
Image labeling 과정을 적용하여 연결영역의 사각형 좌표를 $S_p = \{R_1^p, R_2^p, \dots, R_n^p\}$ 에 저장한다.)
until ($T \leq T_0$)

Step 4: 임계값에 따른 영역 정보 S_1, S_2, \dots, S_n 으로부터 관심지역(seed region) 크기의 변화 정보 $G_i = \{R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{ip}\}, i = 1, \dots, n$ 을 산출한다. 여기서 R_{ij} 는 $R_{i,j-1}$ 를 포함하는 p -level의 사각형 집합 S_p 중에서 선택된다. 따라서 G_i

에 속해 있는 영역의 크기는 순차적으로 증가한다.

Step 5: 각 G_i 의 영역크기의 순서 정보로부터 α 와 β 를 산출하고 $\beta > \tau_1$ 와 $\alpha > \tau_2$ 의 조건을 만족하는 영역을 선택한다. 위의 조건을 만족하는 영역이 존재하지 않은 경우는 $\alpha > \tau_2$ 의 조건을 만족하는 영역을 선택하며 아닐 경우는 선택하지 않는다.

θ 는 차 영상에서 가장 밝은 증거 영역을 검출할 수 있는 임계값 T 의 초기 값을 결정한다. η 는 임계값을 변화시키는 단계의 크기로서 작을수록 검출된 영역의 미세한 변화 정보를 사용할 수 있지만 처리속도가 늦어진다. 국부 최적 임계값 설정 기법에서 θ 와 η 의 변화에 따라 추출된 밝고 어두운 증거 영역 정보는 크게 변화하지 않으며 실험적으로 $\theta = 50, \eta = 5$ 의 값을 사용하였다.

III. 증거 영역 합병

검출된 밝은 영역의 사각형 정보 B_1, \dots, B_n 과 어두운 영역의 사각형 정보 D_1, \dots, D_m 을 합병규칙에 적용 차량영역을 추론할 수 있다.

D_i 의 높이 만큼 위쪽으로 연장한 사각형 안에 겹쳐 있는 B_j 가 존재할 경우 D_i 와 B_j 를 합병한다. 합병된 영역을 E_1, \dots, E_q 로 표시한다.

E_i 의 폭 만큼 위쪽으로 연장한 사각형 안에 포함된 E_j 가 존재할 경우 E_i 와 E_j 를 합병한다. 합병이 안된 밝은 영역과 어두운 영역 중 사각형의 크기가 τ_3 보다 클 경우 차량영역으로 판정한다.

τ_3 는 영상에 나타날 수 있는 차량의 최소 크기로서 영상의 수직축 위치에 따라 설정된다. 즉, 사각형 중심의 수직 축 좌표를 y 라 했을 때 영상의 3차원 좌표계를 고려하여 $\tau_3 = K \cdot (y/h)^2$ 로 설정하였다. 여기서 K 는 영상 아래쪽의 카메라와 가장 가까운 거리에 있는 차량의 최소 크기

이며 h 는 영상의 높이를 나타내고 영상의 좌측 위쪽 점을 원점으로 한 좌표계를 사용한다.

IV. 실험결과 및 고찰

본 논문에서 제안한 영상 분해 국부 최적 임계 기법과 기존의 전역 임계값을 산출하는 대표적인 기법인 2D-엔트로피 기법[4], 기존의 국부 영역 임계 기법 I, II를 그림 3, 4, 5에 비교한다.

2D-엔트로피 기법은 화소값과 화소 주위의 평균값의 관계를 2차원 히스토그램으로 구성하고 잡음을 제거 한 상태에서 엔트로피가 가장 큰 값을 임계값으로 하는 기법이다.

화소값의 변화율 크기가 국부 최대가 되는 화소는 물체의 윤곽 성분을 구성한다. 국부영역 임계 기법 I는 모든 윤곽선의 화소값들을 이용 전체 영상의 임계 표면을 만들어 증거 영역을 검출하는 기법이다.

국부 영역 임계 기법 II는 영상을 균등한 셀로 나누어 각 셀의 대표되는 임계값을 구하고 대표값들을 보간법을 사용 전체 영상에 대한 임계 표면을 만드는 기법이다.

제안된 기법은 밝은 증거 영역의 경우 엔트로피 기법에서 검출되지 않은 미세한 밝은 영역 정보가 검출되었고 어두운 증거 영역의 경우에서도 인접한 차량의 증거 영역이 뚜렷이 분리되어 검출되어 기존의 국부영역 임계 기법보다 우수함을 알 수 있다.

영상의 해상도가 낮은 원거리 교통영상에서도 정확한 검지가 가능함을 그림 6에서 알 수 있다. 이는 국부 최적 임계값을 자동으로 산출할 수 있는 기법의 도입으로 영상의 미세한 밝기의 차이 부분도 적절히 검출할 수 있기 때문이다.

그림 7의 오류는 차량의 정체에 의한 부정확한 배경영상 생성이 원인이 된다. 오류는 주로 1) 배경영상의 오류에 의한 경우와, 2)버스와 같이 차량의 형상이 복잡하여 동일 차량이 2개의 영역으로 분리되는 경우에 발생하지만 전체적으로 동작 환경에 크게 영향을 받지 않는 견실한 검지 성능을 가진다.

V. 결론

교통영상에서 차량형상이 중첩되었거나 차량의 색상이 배경영상과 유사할 경우 전역 최적 임계값을 사용하여 차량영역을 분리하기 어렵다. 이는 차량과 배경을 분리하기 위한 국부영역의 최적 임계값이 국부영상의 대비도에 따라 매우 다르기 때문이다.

본 논문에서는 임계값의 변화에 따른 영역 크기의 변화율과 검출된 영역의 특성을 이용한 국부 최적 임계값 설정 기법에 의해 차량형상이 중첩되었을 경우에도 분리된 밝고 어두운 증거 영역을 자동으로 추출하는 기법을 제안하였다. 검지율의 향상을 위해서는 1) 차량 정체나 정지 시 생기는 잡음으로부터 도로 영역을 복원 할 수 있는 배경영상 복원 기법의 도입, 2) 차량의 진행 방향 정보를 활용한 증거영역 합병 기법의 개선 등의 관련 연구가 지속적으로 이루어 져야 한다.

참고문헌

- [1] Yanowitz S. and Bruckstein A., "A new method for image segmentation", *Computer Vision and Image Processing* 46, 82-95., 1989
- [2] Nakagawa A. and Rosenfeld A., "Some experiments on variable thresholding", *Pattern Recognition* 11, 191-204., 1979
- [3] Pal N.R., and Pal S.K., "A review on image segmentation techniques", *Pattern Recognition* 32, 2055-2061., 1993
- [4] Wu X.J., Jhang Y.J., and Xia L.Z., "A fast recurring two-dimensional entropic thresholding algorithm", *Pattern Recognition* 32, 2055-206., 1999,
- [5] Abutaleb A.S., "Automatic thresholding of gray-level pictures using two-dimensional entropy", *Computer Vision Graphics and Image Processing* 47, 22-32., 1989
- [6] Dubuisson M., Jain A. K., and Taylor W., "Segmentation and matching of vehicles in road images", *Transportation Research Record* 1412, 57-63., 1992

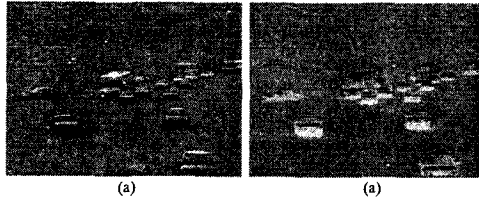


그림 2. 근거리 차영상

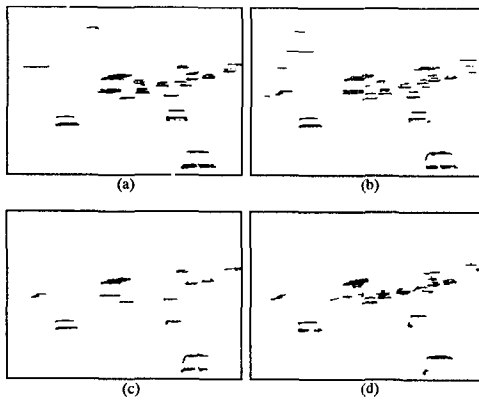


그림 3. 밝은 증거 영역

(a) 제안된 기법, (b) 국부 영역 임계 기법 I
(c) 엔트로피 기법, (d) 국부 영역 임계 기법 II

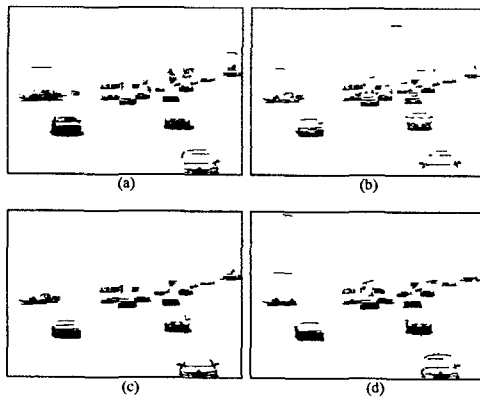


그림 4. 어두운 증거 영역

(a) 제안된 기법, (b) 국부 영역 임계 기법 I
(c) 엔트로피 기법, (d) 국부 영역 임계 기법 II

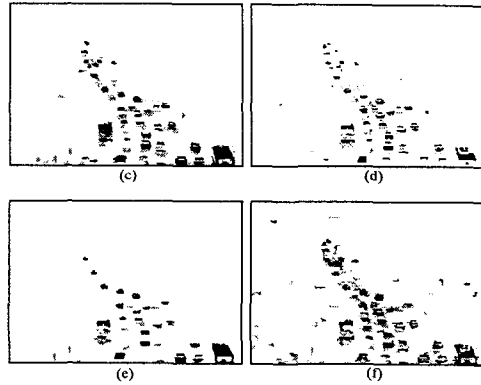
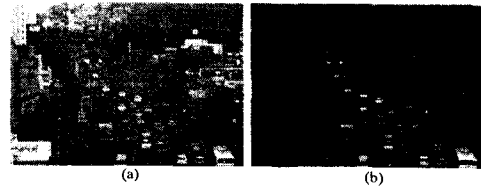


그림 5. (a) 원거리 영상, (b) 차영상

(c) 제안된 기법, (d) 국부 영역 임계 기법 I
(e) 엔트로피 기법, (f) 국부 영역 임계 기법 II

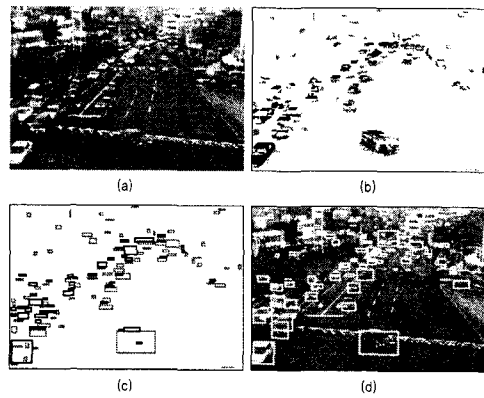


그림 6. 원거리 교통영상에서의 차량검지의 예:

(a) 원 영상, (b) 증거 영역
(c) 사각형 정보, (d) 검지 결과

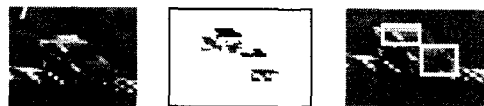


그림 7. 부정확한 배경영상에 의한 검출오류