

이중 게이트를 사용한 새로운 類似 目標物 抽出 技法

(A New Algorithm for the Extraction of Target-like Objects Using a Double Gate)

韓 基 俊*, 金 泳 均*

(Ki Jun Han and Young Kyun Kim)

要 約

본 논문에서는 thresholding 기법을 사용하여 주어진 영상을 二進영상(two-valued image)으로 만든 다음 이 二進 영상에 이중 게이트(double gate)를 적용하여 유사 목표물(target-like objects)을 추출하는 새로운 기법을 제시하였다.

합성된 영상 데이터에 대해 새로운 기법이 잘 적용, 수행됨을 보였다.

Abstract

This paper describes a new algorithm for the extraction of target-like objects.

In order to extract target-like objects, a given image is transformed into two-valued image by thresholding, and then a double gate is applied to the two-valued image.

With the synthetic-image data, we have shown the good performance of the new algorithm.

I. 序 論

배경으로부터 목표물을 찾는 방법으로 correlation 방법이 있는데 이것은 목표물의 모형(template)을 미리 기억시켜 둔 다음 주어진 영상내에서 correlation 값이 어떤 문턱값(threshold)보다 큰 지점을 목표물로 결정하는 방법이다.

만약 주어진 영상내에서 모형과 크기와 모양이 서로 같은 목표물이 한 개가 있다고 하면 correlation 값이 최대가 되는 정합점(matching point)을 목표물의 위치로 정하면 된다. 그러나 일반적으로 목표물의 크기와 모양은 보는 방향과 각도에 따라 일정치 않으며 그 수효도 각 영상마다 다르게 나타나므로 correlation 방법만으로 목표물을 찾는 것은 어렵다. Correlation 방법

외에는, 물체 추출(object extraction) 방법^[1]을 통하여 배경과 구별되는 모든 물체를 추출한 다음 그 물체를 분류기(classifier)에 입력시켜 목표물을 최종적으로 정하는 방법이 있다 이 경우 보는 방향과 각도에 따라 크기와 모양이 일정치 않은 목표물을 정확히 추출하기 위해서는 상당히 복잡하고 정교한 분류기가 요구되는데 만일 분류기에 목표물과 크기가 비슷한 물체를 입력하게 되면 분류기의 설계는 훨씬 간단해질 수 있으며 분류 시간 및 분류 정확도의 측면에서도 보다 나은 결과를 가져올 수 있다. 이러한 유사 목표물 추출(target-like object extraction)에 있어 이중 게이트 필터를 적용하는 방법은 이미 제시 되어졌다.^[2]

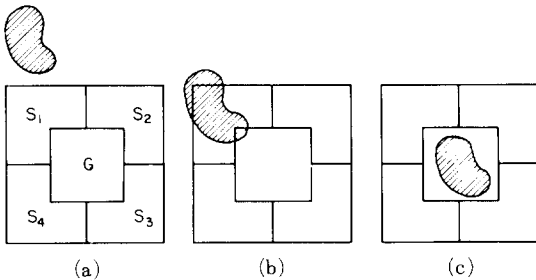
본 논문에서는 유사 목표물 추출에 있어 이 이중 게이트 필터를 적용한 새로운 보다 일반적인 기법을 제안하였으며, 이 새로운 기법을 적용한 실험 결과에 대해 논하였다.

*正會員, 韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科
(Dept. of Electrical Engineering, KAIST)

接受日字: 1982年 3月 29日

II. 이중 게이트 필터의 개념^[2]

이중 게이트는 목표물을 포함할 수 있는 크기의 정방형 내부 게이트와 그 주위에 설정된 외부 게이트로 이루어진다. 그림 1에 목표물과 이중 게이트의 상대적 위치를 세 가지 경우에 대하여 나타내었다. 이 세 가지 경우에 있어 필터 반응의 정량적인 표준(criterion)이 다음과 같이 정의되어졌다.



- (a) 목표물이 이중 게이트 밖에 있을 경우 (a) Target is located outside double gate.
- (b) 목표물이 이중 게이트에 겹쳐 있을 경우 (b) Target is partially overlapped in double gate.
- (c) 목표물이 이중 게이트 내에 있을 경우 (c) Target is completely embedded in inner gate.

그림 1. 목표물과 이중게이트의 상대적 위치

Fig. 1. Relative position of target versus double gate.

$$F(i, j) = \prod_{k=1}^N (I_c - I_s^{(k)})^{\frac{1}{N}} \quad (1)$$

여기서 (i, j)는 視界 (field of view)에서 주어진 필터의 위치를 관별하는 화점(pixel)의 행렬 좌표이며, $I_c, I_s^{(k)}$ 는 각각 내부 게이트 G와 k번째 외부 게이트 S_k 내의 화점의 대표 명암도(representative intensity)를 나타낸다. N은 외부 게이트의 수를 나타내며 그림 1의 경우 N=4이다.

여기서 $I_c, I_s^{(k)}$ 를 각각 내부 게이트 G와 외부 게이트 S_k 내에서 전체 외부 게이트의 평균 명암도, I_p 보다 같거나 높은 명암도를 갖는 화점들만의 평균 명암도로 정의할 때 그림 1의 세 경우에 대해 표준값을 구하면 다음과 같다. 배경과 목표물의 명암도는 각각 I_b, I_t 로 표시하고 균일하다고 가정한다. (a)의 경우 외부 게이트내에 배경에 속하는 화점들만 있으므로 $I_p = I_b$ 로 되어 $I_c, I_s^{(k)}$ 를 위에서의 정의대로 구하면

$$I_c = I_b, I_s^{(k)} = I_b \quad (k = 1, 2, 3, 4)$$

가 된다. 따라서 식(1)의 함수값은 0이 된다. (b)의 경우 $I_b < I_p < I_t$ 가 되므로 $I_c = I_t, I_s^{(1)} = I_t, I_s^{(2)} = I_s^{(3)} = I_s^{(4)} = 0$ 이 되어 역시 식(1)의 함수값은 0이 된다. (c)의 경우 목표물이 내부 게이트내에 완전히 포함되어 있으므로 $I_p = I_b$ 가 되어 $I_c = I_t, I_s^{(k)} = 0$ ($k = 1, 2, 3, 4$)이다. 따라서 이 경우 식(1)의 함수값은 0이 아니게 된다.

이상에서 살펴 본 바와 같이 배경과 목표물의 명암도가 균일한 영상에서 식(1)의 함수값은 목표물이 내부 게이트내에 완전히 포함될 경우에만 0이 아닌 값을 갖게 된다. 따라서 주어진 영상에서 유사 목표물을 찾기 위해서는 식(1)의 함수값이 0이 아닌 위치를 찾으려 한다. 그러나 배경과 목표물의 명암도가 불균일한 일반적인 영상에서는 식(1)을 이용하여 그림 1의 세 경우를 구분하는 것은 힘들게 된다. 이것을 그림 1에서 설명하면 (b)의 경우 $F=0$ 의 값을 얻기 위해서는 $I_c - I_s^{(1)} = 0$ 이 되어야 하는 데 사실상 $I_c - I_s^{(1)}$ 은 불균일한 명암도로 인해 0이 될 가능성이 없기 때문이다.

$I_c - I_s^{(1)}$ 의 값이 설사 작은 경우라도 식(1)의 함수값은 이 값의 곱을 계산해야 되므로 그 함수값은 (c)의 경우와 비교해서 뚜렷하게 작은 값이 나오지 않게 된다.

주어진 영상의 각 화점에서 계산되는 식(1)의 함수값은 (a), (b)의 경우에 속하는 것이 대부분이며 (c)의 경우에 속하는 것은 불과 몇 개(유사 목표물의 갯수)에 지나지 않게 되는데 이때 (c)의 경우의 함수값이 (a), (b) 두 경우와 구별될 만큼의 뚜렷한 차이를 갖게 되면 이 함수값에 대한 thresholding으로 (c) 경우를 구분할 수 있게 될 것이다. 그러나 이 함수값을 실제로 구해 본 결과 (c)의 경우와 (a), (b) 경우가 모두 비슷한 크기의 함수값을 갖게 되므로 이 함수값을 이용하여 3 경우를 구분하는 것은 사실상 어려운 일이다.

결론적으로 앞에서 정의한 대표값들이 불균일한 영상에서는 충분한 대표값으로서의 의미를 가지지 못하며 식(1)이 곱의 계산식으로 표시되어 있기 때문에, 식(1)의 함수를 이용하여 그림 1의 세 경우를 정확히 구분하는 것은 상당히 어려운 일이라 하겠다. 따라서 본 논문에서는 식(1)과 같은 함수를 사용하지 않고 thresholding 기법으로 주어진 영상을 二進영상(two-valued image)으로 만든 다음 이 二進 영상에 이중 게이트를 적용하여 유사 목표물을 추출하는 새로운 기법을 제안하였으며 다음 장에서 구체적으로 설명하려 한다.

Ⅲ. 새로운 유사 목표물 추출 기법

본 논문에서 구성한 유사 목표물 추출의 체계를 그림 2에 계통도(block diagram)로 나타내었다.

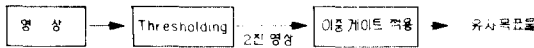


그림2. 유사 목표물 추출 체계

Fig.2. System configuration for target-like objects extraction.

여기서 **thresholding**은 배경에 속하는 화점이 물체로 오인될 확률, P_f 를 가능한 한 작게 되도록 문턱 명암도(threshold intensity)를 취하여 이루어졌는데 이에 대해서 구체적으로 설명하려 한다. 그림 3에 영상의 명암도 분포 특성을 2-mode 정규 분포인 경우에 대해 나타내었는데 빗금 부분은 배경에 속하는 화점이 물체로 오인될 확률, P_f (probability of a type I error)을 나타낸다.

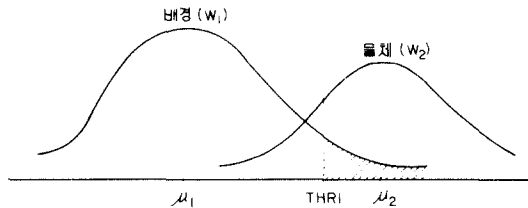


그림3. 명암도의 분포 특성

Fig.3. Distribution characteristics of gray level.

여기서 이 확률, P_f 를 미리 정한 다음 그에 따라 문턱 명암도(THRI)를 계산하기 위해서는 주어진 영상으로부터 배경과 물체의 명암도의 각각의 평균값 μ_1, μ_2 와 표준 편차 σ_1, σ_2 를 추정(estimate)해야 한다.

예를 들면 $P_f=0.5\%$ 인 경우 $P(-ZTHR \leq Z \leq ZTHR) = 0.99$ 이므로 정규 분포표에 의해 $ZTHR = 2.58$ 된다. (여기서 $ZTHR = (THRI - \mu_1) / \sigma_1$)이다

따라서 $THRI = \mu_1 + 2.58\sigma_1$ 이 된다.

본 논문에서는 이 평균값과 표준 편차의 MLE(maximum likelihood estimate)를 구하는 데 clustering^{[3], [5], [6], [7]} 기법을 이용하였다.

2-mode 정규 분포 특성에서 평균값 (μ_1, μ_2) 과 표준 편차 (σ_1, σ_2) 그리고 전치 확률 $(P(w_1), P(w_2))$ 의 MLE는 다음 식으로 주어진다.

$$P(w_i) = \frac{1}{n} \sum_{x=x_i}^{x_h} \hat{P}(w_i|x) f(x) \quad (2)$$

$$\hat{\mu}_i = \frac{\sum_{x=x_i}^{x_h} \hat{P}(w_i|x) x \cdot f(x)}{\sum_{x=x_i}^{x_h} \hat{P}(w_i|x) f(x)} \quad (3)$$

$$\hat{\sigma}_i = \frac{\sum_{x=x_i}^{x_h} \hat{P}(w_i|x) (x - \hat{\mu}_i)^2 f(x)}{\sum_{x=x_i}^{x_h} \hat{P}(w_i|x) f(x)} \quad (4)$$

$$\text{여기서 } \hat{P}(w_i/x) = \frac{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x - \hat{\mu}_i}{\hat{\sigma}_i}\right)^2\right] \hat{P}(w_i)}{\sum_{j=1}^2 \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x - \hat{\mu}_j}{\hat{\sigma}_j}\right)^2\right] \hat{P}(w_j)} \quad (5)$$

로 주어지고 n 은 영상의 전체 화점수이고 $x_h, x_i, f(x)$ 는 각각 명암도의 최대값, 최소값 그리고 명암도 x 값을 갖는 화점수를 표시한다.

식(2) ~ 식(4)로 주어진 MLE를 다음과 같은 clustering 기법을 사용하여 구하였다.

단계 1. $\hat{P}(w_i), \hat{\mu}_i, \hat{\sigma}_i$ 의 초기 값을 준다.

여기에서는

$$\hat{P}(w_1) = \hat{P}(w_2) = 0.5$$

$$\hat{\sigma}_1 = \hat{\sigma}_2 = 10$$

$$\hat{\mu}_1 = x_i + \frac{1}{4}(x_h - x_i + 1)$$

$$\hat{\mu}_2 = x_n - \frac{1}{4}(x_h - x_i + 1) \text{로 놓았다.}$$

단계 2. $\hat{P}(w_i), \hat{\mu}_i, \hat{\sigma}_i (i=1, 2)$ 를 식(5)에 대입, $\hat{P}(w_i/x)$ 를 $x_i \leq x \leq x_h$ 에 대하여 구한다.

단계 3. $\hat{P}(w_i|x)$ 를 식(2)~식(4)에 대입, $\hat{P}(w_i), \hat{\mu}_i, \hat{\sigma}_i$ 를 구한다. ($i=1, 2$) $\hat{\mu}_i$ 의 값이 변화하면 단계 2로 가서 반복 수행하고 그렇지 않을 경우는 단계 4로 간다.

단계 4. P_f 를 정한 다음 THRI를 $THRI = \mu_1 + \alpha\sigma_1$ 으로 본다.

여기서 P_f 는 배경이 물체로 오인될 확률을 뜻하므로 되도록 작게 잡는 것이 좋는데 본 논문에서는 $P_f = 1\%$ 로 두었으며 이때 표준 측도 α 의 값은 정규 분포표에 의해 $\alpha = 2.33$ 으로 주어진다.

본 논문에서 행한 실험에 의하면 단계 2까지의 clustering은 초기 값에 영향을 받지 않고 항상 수렴하게 되는데 다만 그 수렴 속도는 초기값의 적성성 여부에 따라 달라짐을 알 수 있었다.

수렴 속도를 높이기 위해 x_i 부터 x_n 까지의 범위(즉 dynamic range)를 4등분 한 다음 x_n, x_i 로부터 가장 가까운 분할점들을 각각 $\hat{\mu}_1, \hat{\mu}_2$ 의 초기값으로 두었다. 여기서 $\hat{p}(w_i)$ 와 $\hat{\sigma}_i$ 의 초기 값은 임의로 설정한 값이다.

이상에서의 clustering 기법으로 계산한 문턱 명암도(THRI)를 가지고 주어진 영상을 二進 영상으로 만드는데 주어진 영상을 g 라 할 때 二進 영상 h 는 다음과 같이 주어진다.

$$h(i, j) = \begin{cases} 1 & g(i, j) \geq \text{THRI} \\ 0 & g(i, j) < \text{THRI} \end{cases} \quad (6)$$

이제 이 二進 영상에 이중 게이트를 적용하여 유사 목표물을 추출하는 방법에 대하여 살펴보자.

이중 게이트에서 내부 게이트의 크기는 목표물을 완전히 포함할 수 있는 크기가 되어야 하며 외부 게이트는 인접한 물체가 이중 게이트내에 목표물과 함께 포함되는 일이 없도록 그 폭을 잡는다. 이제 목표물이 내부 게이트내에 완전히 포함되고 외부 게이트에는 배경에 속하는 화점만 있을 경우에 대해 외부 게이트내에서 물체로 오인될 화점수의 기대값을 구해 보자. 외부 게이트내에서 THRI보다 높은 명암도를 갖는 배경의 화점은 물체로 오인되는데 그 확률은 앞에서 P_f 로 주어졌다. 외부 게이트내에서 배경에 속하는 화점이 물체로 오인될 화점수의 기대값, E_n 은 외부 게이트의 크기(화점수로 표시)를 N 이라 할 때 다음과 같이 주어진다.

$$E_n = \sum_{r=0}^N r \cdot {}_N C_r P_f^r (1 - P_f)^{N-r} \quad (7)$$

$$= NP_f$$

여기서 외부 게이트의 크기 N 은 내부 게이트의 길이와 외부 게이트의 폭을 각각 L_c, L_s 라 할 때 다음과 같이 주어진다.

$$N = (L_c + 2L_s)^2 - L_c^2 = 4L_s(L_c + L_s) \quad (8)$$

예를 들면 $L_c = 20, L_s = 3$ 으로 두고 $P_f = 0.01$ 로 정할 때 $E_n = 267 \times 0.01 \cong 3$ 으로 되어 배경의 화점만을 포함하는 외부 게이트에서 물체로 오인될 화점수는 대략 3개가 되는 것이다.

이상에서 살펴 본 바에 따라서 내부 게이트와 외부

게이트 내에서 二進영상 $h(i, j)$ 의 값이 1인 화점수를 각각 N_c, N_s 라 할 때 목표물이 내부 게이트내에 포착되었는지를 알기 위해서는 다음 조건이 만족되는가를 조사해야 한다.

$$\begin{aligned} N_c &> NTHR \\ N_s &< E_n \end{aligned} \quad (9)$$

여기서 NTHR은 목표물의 크기에 따라 정해지는 값인데 보는 방향과 각도에 따라 그 크기가 달라지므로 예상되는 최소 크기를 기준으로 하여 잡는다.

IV. 실험 결과 및 검토

이상에서 제안한 새로운 유사 목표물 추출 기법을 합성된 영상 테이타에 대해 적용, 실험하였다. 합성된 영상의 크기는 64×64 이며 명암도는 0~255(gray level) 사이에 분포하며 그 분포 특성은 multi-mode 정

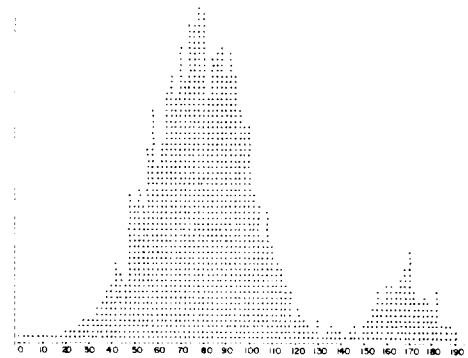


그림 4. 히스토그램(T/B=2.2)
Fig. 4. Histogram(T/B=2.2).

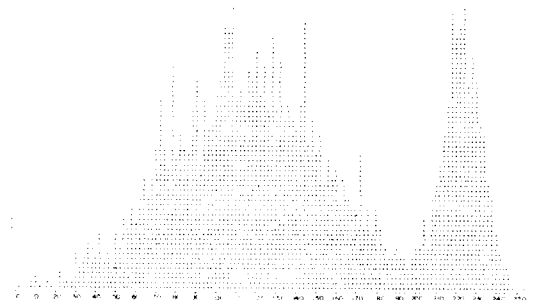


그림 5. 히스토그램(T/B=1.8)
Fig. 5. Histogram(T/B=1.8).

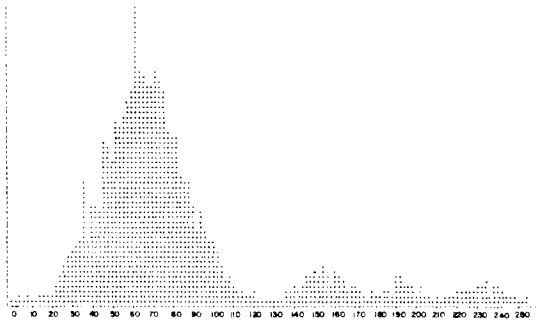


그림 6. 히스토그램(4-mode)
Fig. 6. Histogram(4-mode).

규 분포가 되도록 했다. 각 영상은 실제 데이터에 가깝도록 물체의 종류, 수효, 위치를 서로 다르게 하였고 배경과 물체 사이의 대비(contrast)를 달리하여 합성하였다. 기법의 적용, 실험은 $P_r=0.01$, $L_c=7$, $L_s=1$ 크리고 NTHR을 목표물의 예상되는 최소 크기의 50%로 하여 이루어졌다. 합성된 64개의 영상에 대해 새로운 기법을 적용하여 실험한 결과 기존 기법으로는 찾지 못하는 유사 목표물이 새로운 기법에서는 성공적으로 추출됨을 알 수 있었다. 그림 4의 경우 물체와 배경의 평균 명암도 비(ratio)가 2.2였으며 실험 결과는 만족스러웠고 그림 5의 경우는 명암도 비가 1.8 인데도 역시 만족스러운 결과를 보였다. 그림 6은 명암도 분포 특성이 4-mode인 경우인데 2-mode인 경우의 기법을 그대로 적용한 결과 정확하게 유사 목표물이 추출됨을 보였다. 이것은 대개 물체에 속하는 화점이 배경에 비해 상대적으로 적기 때문에 3-mode 이상인 경우에도 2-mode로 근사시킬 수 있음을 보여 주는 것이다.

V. 結 論

본 논문에서는 불균일한 영상에 있어 이중 게이트의 개념을 이용하고 통계적인 방법에 의해 threshold를 정함으로써 새로운 유사 목표물 추출 기법을 제시하였다. 합성된 영상에 대해 이 기법을 실험한 결과 이중 게이트를 사용한 기존의 기법에 비해서 보다 정확한 추출 기능을 보여 주었다.

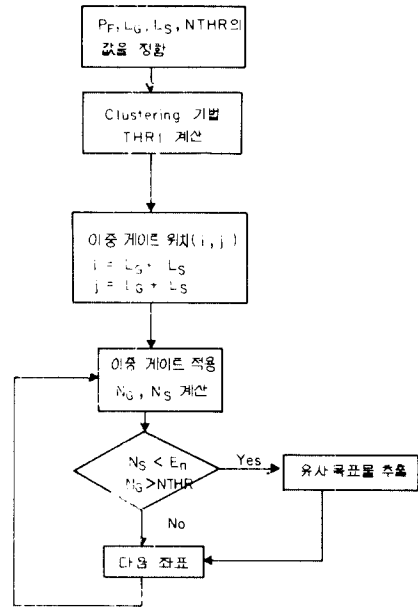


그림 A. 유사 목표물 추출 유동도
Fig. A. Flow chart for the extraction of target-like objects.

參 考 文 獻

- [1] E. L. Hall, *Computer image processing and recognition*, Academic press, 1979.
- [2] A. S. Politopoulos, "An algorithm for the Extraction of target-like objects in cluttered FLIR Imagery," *AESS Newsletter*, Nov. 1980.
- [3] R. O. Duda and P. E. Hart, *Pattern Classification and Scene Analysis*. John wiley & sons, 1973.
- [4] A. Rosenfeld and A. C. Kak, *Digital Picture Processing*. Academic Press, 1976.
- [5] J. S. Weszka and R. N. Nagel and A. Rosenfeld, "A threshold selection technique," *IEEE Trans. Comp.* vol. 23, no. 12, pp. 1322-1326, 1974.
- [6] T. W. Ridler and S. Calvard, "Picture thresholding using an iterative selection method", *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern.*, vol. SMC-8, pp. 630-632 Aug. 1978.
- [7] R. D. V. Flaviao, "Thresholding using the ISODATA clustering algorithm," *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern.*, vol. SMC-10, no. 11, pp. 771-774, Nov. 1980.