

Watershed에 의한 형태분할

°김태진*, 김주영*, 고광식*

*경북대학교 전자공학과

Tel : 053) 950-5540

Shape Segmentation by Watersheds

°Tai-Jin Kim*, Ju-Yung Kim*, Kwang-Sik Koh*

*Dept. of Electronics Kyungpook National University

E-mail : dsd@ee.kyungpook.ac.kr

Abstract

This paper presents a new shape segmentation algorithm. The procedure to achieve complete segmentation consists of two steps : the first step is mapping shape into two dimension by the using Distance Transform, the second step is partitioning the region by using the Watershed algorithm. As a application of the proposed algorithm, we perform the matching experiment for several objects by the use of segmented region. Simulation results demonstrate the efficiency of the proposed method, and the method has scale, rotation, and shift invariant properties.

I. 서론

한 영상에서 물체를 인식하기 위해 컴퓨터 비전, 패턴 인식 분야에서는 주로 특징점을 추출하여 정합하는 과정을 거치게 된다. 그러나 특징점의 하나인 코너의 정의가 모호하고, 정합율을 개선하기 위해 코너점 뿐만 아니라 접점, 변곡점 등 여러 특징점을 요구하게 되므로, 최근들어 물체의 형태를 나타내는 정보를 이용하여 영역을 기반으로 하는 연구가 활발히 이루어지고 있다.

형태분할이란 물체의 형태를 기반으로 균질한 특성을 가지는 영역별로 구분하고, 각 영역사이의 경계선

을 결정하는 과정이다. 형태가 가지는 특성에 의해 크게 윤곽선정보와 영역정보로 구분할 수 있는데, 과거에는 윤곽선정보를 주로 이용하였지만 최근에는 윤곽선정보와 영역정보를 동시에 이용하고 있다[1][2].

본 논문에서는 물체가 가지는 형태를 윤곽선과 무게중심까지의 거리함수에 의해 2차원으로 매핑된 데이터를 watershed 알고리즘[3]에 의하여 영역분할을 하는 방법을 제시한다. 제안한 방법은 분할된 영역과 그 영역의 국부최소값을 일대일 대응하는 장점을 가지기 때문에 물체를 인식함에 유리하며, 물체의 크기변화, 회전, 위치이동에도 불변하는 특징이 있다.

본 논문은 II장에서 물체의 형태를 기반으로 2차원 매핑과 watershed 알고리즘에 대해 설명하고, III장에서는 본 논문에서 제안하는 알고리즘에 의한 형태분할과 영역 표현방법에 대해 기술하고, IV장에서는 영역의 표현방법에 의한 여러 종류의 영상에 정합하는 모의실험결과를 보여준다.

II. 2차원매핑과 Watershed알고리즘

2.1 2차원 매핑

물체 O 와 배경 O' 로 이루어진 이진영상에서의 거리 변환(Distance Transform)은 물체내의 각 화소에서 윤곽선까지의 최소거리를 기반으로 한다. 물체 O 내의 임의의 화소 $p = \{ p_i = (\tilde{x}_i, \tilde{y}_i) \in O \mid i = 1, 2, 3, \dots, m \}$ 에서의 윤곽선까지의 최소거리 p_0 는 다음과 같이 정의한다.

$$\rho_O(p) = \min_{p' \in O'} \{d(p, p')\} \quad (1)$$

다음으로 물체의 무게중심점 q 은 다음과 같이 정의한다.

$$q = \sum_{i=0}^m p_i / m \quad (2)$$

이때 임의의 화소 p 에서 무게 중심 q 까지의 거리 d_O 는

$$d_O(p) = d(p, q) \quad (3)$$

로 정의한다. 식 (1)의 윤곽선까지 거리와 식 (3)의 무게 중심까지의 거리에 의하여 다음과 같이 거리함수를 정의한다.

$$D_O(p) = \frac{1}{w_1 * \rho_O(p) + w_2 * d_O(p)} \quad (4)$$

여기서, w_1 와 w_2 는 각각 윤곽선까지의 거리와 무게 중심까지의 거리에 대한 가중치를 나타내고 있다. 즉, 윤곽선정보와 물체의 무게중심까지의 거리정보를 동시에 적용한 2차원 데이터는 watershed를 이용한 영역분할에 적합하게 매핑됨을 알수 있다. 그림 1에서는 w_1 이 0.7, w_2 가 0.3일 경우 2차원으로 매핑하기 위한 3차원 영상과 2차원 데이터를 나타내었다.

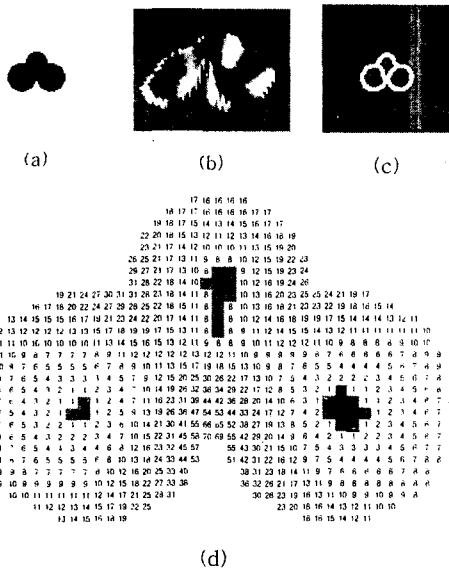


그림 1. 2차원 매핑. (a) 원영상, (b) 매핑된 3차원 영상, (c) 형태분할된 영상, (d) 매핑된 2차원 데이터.

Fig. 1. 2D mapping. (a) original image, (b) 3D mapped image, (c) shape segmented image, (d) 2D mapped data.

2.2 Watershed 알고리즘.

Watershed 알고리즘은 주로 지형학 분야에서 연구된 것으로, 영상 화소의 밝기 값의 크기를 고도로 생각함으로써 영상처리에 응용되었다[3][4]. 이는 침수지역을 구분하는 분수령을 찾음으로써, 각각의 국부 최소치에 연관된 영역을 분할하는 알고리즘이다. 이제까지 분수령을 계산하기 위해 다양한 알고리즘이 제안되었으나, 본 논문에서는 계산속도가 빠르고 효율적인 Immersion Simulation 기법을 사용하는데, 이것은 계층적 queue에 의하여 구현된다[3].

일반적인 watershed 알고리즘은 다음의 두 단계로 구성된다.

1. 초기화 단계 : 첫 번째 주사에서 경사영상내에서 국부최소값들을 찾아 레이블링을 하고, 주위 화소에 연결된 화소에는 같은 레이블로 할당한다. 두 번째 주사에서는 새로이 발견된 최소지역들에는 각각 다른 레이블을 할당한다.

2. 침수단계(Immersion) : 화소값을 증가시킨후, 그 수위에서의 국부최소지역을 찾는다. 국부최소지역이 존재하면 그 위치에 새로운 레이블을 할당하고, 침수된 영역이 기존 지역에 접해있다면 기존의 레이블을 이어받게 된다. 침수단계가 끝나면 하나의 영역으로 결정된다.

III. 형태분할 알고리즘 및 영역 표현.

본 절에서는 주어진 이진영상의 형태를 분할하는 알고리즘을 설명하고, 분할된 영역을 기반으로 물체의 영역 표현 방법을 제시한다. 그림 2에서는 형태분할 알고리즘의 흐름구성도를 나타내고 있다.

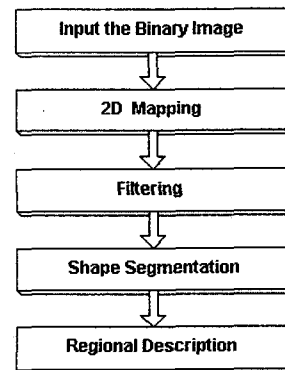


그림 2. 제안한 알고리즘의 구성도.
Fig. 2. Block diagram of the proposed algorithm.

첫 번째 단계에서는 입력된 이진영상을 2차원으로 매핑하기 위해서 Chain Code를 사용하여 윤곽선정보와 무게중심을 추출한다.

두 번째 단계에서는 추출된 윤곽선과 무게중심으로 부터의 각 픽셀의 거리를 구하여 이를 2차원으로 매핑한다. 가중치의 변화에 따른 영역분할은 각 이미지에 따라 다르게 나타나지만, 영상의 내용을 판단하고 이해하는 주체가 인간이기 때문에 분할형태는 매우 주관적일수가 있다. 가중치는 실험적으로 가장 일반적인 형태로 분할이 되는 값으로 고정시켜 놓고 실험하였다.

세 번째 단계에서는 5×5 크기의 평균값 필터를 사용하여 평탄화 하였으며, 평탄화 된 거리값을 영상의 밝기값처럼 적용하기 위해서 0에서 255값까지 정규화를 한다. 거리에 의해 매핑된 2차원 영역에 대해 watershed 알고리즘을 그대로 적용하게 되면 영상내 국부최소지역 발생빈도가 많기 때문에 무수히 많은 영역으로 분할되는 과분할 현상을 보이게 된다. 이러한 과분할 현상을 피하기 위해 평균값 필터를 사용한다.

네 번째 단계에서는 거리맵(distance map)에 대하여 영역을 분할하기 위해 watershed 알고리즘을 적용한다. 각 영역은 서로 다른 분수령으로 구분되어 고유의 레이블을 가지게 된다.

다섯 번째 단계에서는 영역분할에 따라 그 영역이 가지는 특성들을 이용하여 영역을 표현하는 단계이다. 영역을 표현하기 위한 변수에는 영역의 수, 영역의 상대적인 면적, 각 영역간의 연결구성도, 각 영역의 국부 최소값사이의 위상이나 상대적인 거리 등이 있을 수 있다. 아래에는 영역표현을 하기 위한 변수들을 구조체로 나타내고 있다.

영역 표현

- 영역의 수 $N(n)$;
- 영역의 연결구성도 $C(n)$;
- 상대적인 면적 $A(n)$;

IV. 실험 및 고찰

본 절에서는 제안한 알고리즘에 의해 모의실험한 결과를 제시하고, 그 결과를 분석하였다. 제안한 알고리즘에 의해 cow(256×256 영상)를 영역분할한 결과는 그림 3에 나타내었고, 원영상에 대해 회전(30°), 크기(290×290 영상) 변화를 주었을 때 물체의 영역을 표

현하기 위한 변수들인 영역간의 연결구조도 $C(n)$ 와 상대적인 면적 $A(n)$ 을 표 1과 표 2에 나타내었다.

입력되는 영상이 미리 축적된 영상들에 대해 정합하기 위해서 영역의 수 $N(n)$ 과 영역의 연결구성도 $C(n)$, 그리고 상대적인 면적 $A(n)$ 이 모두 일치해야 하며, 상대적인 면적의 경우 한계오차 ±5%이내일 때 같은 영역으로 간주하였다.

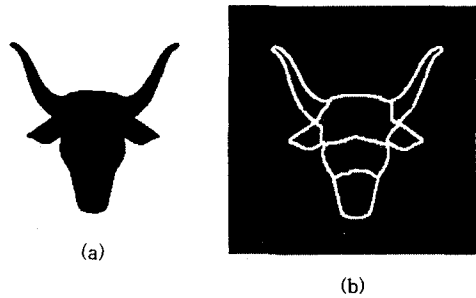


그림 3. 제안한 알고리즘에 의한 형태분할. (a) cow 원영상, (b) 형태분할된 결과.

Fig. 3. Shape segmentation by the proposed algorithm. (a) original cow image, (b) segmentation result.

표 1. 영역의 연결구성도. Table 1. Connectivity of the region.

영역 \ C(n)	연 결 관 계						
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
R1			○				○
R2							○
R3	○						○
R4							○
R5						○	
R6					○		○
R7	○	○	○	○		○	

표 2. 각 영역간의 상대적인 면적. Table 2. Relative area between each region.

영역 \ A(n)	상대적 면적		
	원영상	290×290영상	30° 회전
R1	0.0488	0.0513	0.0515
R2	0.0489	0.0522	0.0500
R3	0.0939	0.1032	0.1013
R4	0.0964	0.1031	0.1030
R5	0.1577	0.1572	0.1465
R6	0.1982	0.2023	0.2061
R7	0.3070	0.2955	0.2930

본 논문에서 제안한 알고리즘은 물체의 형태에 따른 윤곽선과 무게 중심까지의 거리정보에 의해 매핑된 데이터를 기반으로 영역분할을 하므로, 윤곽선과 무게

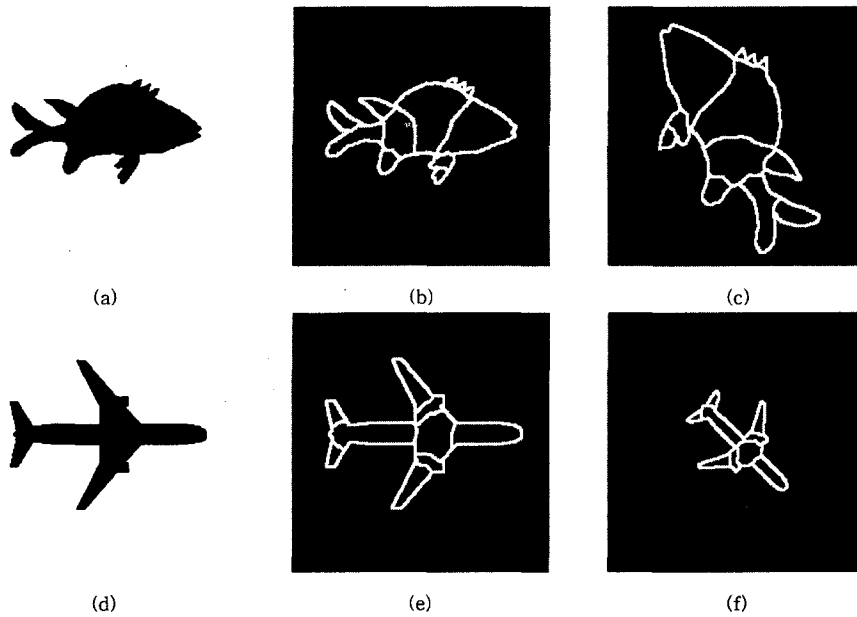


그림 4. 물체의 크기와 회전에 따른 형태분할된 결과 : (a) fish 원영상(256×256), (b) (a)에 대한 분할된 결과, (c) (a)의 회전 및 크기를 변화한 영상에 대한 분할된 결과, (d) plane 원영상(256×256), (e) (d)에 대한 분할된 결과, (f) 회전 및 크기를 변화한 영상에 대한 분할된 결과
 Fig. 4. Results of the shape segmentation by scaling and rotation : (a) original fish image(256×256), (b) the segmented result of (a), (c) the segmented result of the scaled and rotated image of (a), (d) original plane image(256×256), (e) the segmented result of (d), (f) the segmented result of the scaled and rotated image of (d)

중심의 작은 변화에도 영역분할은 크게 영향을 받기 때문에 정확한 물체인식에 유용하게 사용될 수가 있다. 그림 4에서는 plane(256×256), fish(256×256) 영상에 대해 크기, 회전, 및 위치 변화에 대하여 불변임을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문은 물체의 형태에 따른 영역의 분할을 하기 위해 새로운 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 물체의 윤곽선과 무게중심과 결합하는 거리함수로 매핑하여, watershed 알고리즘을 이용하여 영역분할을 하였다.

모의실험에서 물체의 크기변화, 회전, 위치이동이 있더라도 물체의 형태가 변하지 않는다면, 분할되는 영역이 변하지 않음을 알 수 있다. 분할되는 영역은 물체의 형태변화에 민감하기 때문에 정확한 물체의 형태를 인식하는데 유용하게 사용될 수 있다.

참고문헌

- [1] Hong-Chin Liu and Mandyam D. Srinath, "Partial Shape Classification Using Contour Matching in Distance Transformation," *IEEE Trans. on PAMI*, vol. 12, no. 11, pp. 1072-1079, 1990.
- [2] Carlo Arcelli and Luca Serino, "From discs to parts of visual form," *Image & Vision Computing*, vol. 15, no. 1, pp. 1-10, 1996.
- [3] Luc Vincent and Pierre Soille, "Watersheds in Digital Spaces : An Efficient Algorithm Based on Immersion Simulations," *IEEE Trans. on PAMI*, vol. 13, no. 6, pp. 583-598, 1991.
- [4] Paul T. Jackway, "Gradient Watersheds in Morphological Scale-Space," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 5, no. 6, pp. 913-921, 1996.