

# 분할된 영역의 특성을 이용한 윤곽선 부호화

이준상, 어진우

단국대학교 전자공학과

서울특별시 용산구 한남1동 산 8면지

Tel. (02) 709-2593, Fax. (02) 709-2590, E-mail. leejs@dankook.ac.kr

## CONTOUR CODING BASED ON THE CHARACTERISTICS OF REGIONS IN SEGMENTED IMAGE

Junsang Lee and Jinwoo Eo

Dept. of Electronic Engineering in Dankook University

San 8, Hannam Dong, Yongsan-Gu, Seoul, Korea

Tel. (02) 709-2593, Fax. (02) 709-2590, E-mail. leejs@dankook.ac.kr

### Abstract

Region based coding consists of image segmentation contour and texture coding. Contour coding techniques can be classified into contour or shape-oriented approaches. In this paper, geodesic skeleton based on shape-oriented approach is used for contour coding. Efficient application of geodesic skeleton for contour coding based on the characteristics of regions in segmented image will be discussed.

### I. 서론

요즈음에 와서는 영상을 전송함에 있어, 매우 낮은 전송률하에서 영상을 전송하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 매우 낮은 전송률에 적합한 방법으로서 는 영상을 같은 성질을 가진 여러 개의 영역으로 나누고, 각각의 영역에 대해서 윤곽선 부호화와 영역의 정보 부호화를 행하는 방법이다.

영상을 분할하는데 있어서 기준이 되는 것으로는 그레이 레벨, 색차 또는 움직임 등이 있다. 영역의 정보 부호화는 영역의 정보 즉, 그레이 레벨, 색차 또는 움직임 등을 부호화하는 것을 의미한다. 윤곽선 부호화는 각 영역의 윤곽선을 부호화하는 것으로서 여러 가

지 방법들이 있으나, 본 논문에서는 ordinary skeleton 을 발전시킨 geodesic skeleton을 기반으로 한다. geodesic skeleton은 분할된 영역의 수가 많고, 영역의 크기가 작은 경우에 특히 유용하다. geodesic skeleton 은 농화상 또는 정지 화상 모두에 적용할 수 있는 유용한 방법이다. Geodesic skeleton은 분할된 영역을 어떤 순서로 부호화하는가에 따라서 부호화 레이터의 양이 달라진다. 본 논문에서는 이 점에 중점을 두고, 분할된 영역의 특성을 이용하여 효율적으로 영상을 부호화하는 방법을 제안한다.

II장에서는 영역의 모양을 기반으로 윤곽선 부호화를 행하는 ordinary skeleton과 geodesic skeleton에 대하여 설명하고, III장에서는 일반적인 방법에 의한 윤곽선 부호화와 본 논문에서 제안한 방법에 의한 윤곽선 부호화에 대해 기술한다. IV장에서는 여러 가지 종류의 영상에 적용한 실험 결과를 보여준다.

### II. Ordinary skeleton과 geodesic skeleton

Ordinary skeleton과 geodesic skeleton은 영역을 기반으로 하는 영상 압축의 첫 단계인 영상 분할을 수행한 후, 분할된 영역의 윤곽선을 부호화하는데 적용된다.

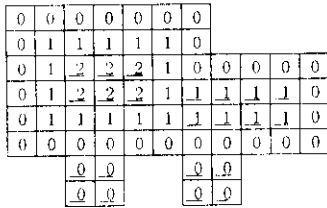
**A. Ordinary skeleton**

Ordinary skeleton이란 임의의 영역 X에 내접하는 원의 중심점들의 집합이다. 내접하는 원은 최소한 영역 X의 두 변과 접해야 한다. 다음은 Ordinary skeleton  $\gamma(X)$ 를 식으로 표현한 것이다.

$$\gamma(X) = \bigcup_{\rho > 0} \gamma_{\rho}(X)$$

$$= \bigcup_{\rho > 0} [ \varepsilon^{\rho}(X) \setminus \gamma^1(\varepsilon^{\rho}(X)) ]$$

여기서  $\rho$ 는 구조 요소의 크기를 나타내고,  $\varepsilon^{\rho}(X)$ 는  $\rho$ 의 구조요소로 erosion을 행한 것이다.  $\gamma^1(X)$ 는 단위 크기로 opening을 행한 것이며,  $\setminus$ 는 set difference이다. 즉, 영역 X를 erosion한 결과에서 영역 X를 erosion하고 opening한 결과로부터 얻은 값이 skeleton이다. 위의 연산을 가능한 모든 구조 요소 크기에 대해서 행하고, 각 결과의 총 합이 skeleton  $\gamma(X)$ 이다. 그림1은 그림2의 3×3 정사각형 구조 요소를 사용하여 얻은 skeleton  $\gamma(X)$ 이다. 숫자 밑에 밑줄이 있는 부분이 skeleton을 나타내며, 픽셀 단위로 표현할 때 skeleton point라 한다.



\* : Origin

그림 1. Ordinary skeleton      그림 2. 3×3 정사각형

그림1에서 얻은 픽셀들을 기준으로 그 픽셀에 섞여진 숫자만큼 3×3 정사각형 구조 요소로 dilation을 취하면 원래의 영역을 구할 수 있다. 즉, 위의 예에서 볼 수 있는 바와 같이 skeleton point의 위치와 숫자(몇 번 dilation해야 하는가를 나타냄)를 알면 영역을 복원할 수 있다. 그러나 이러한 방법은 여러 개의 영역을 포함하고 있는 분할된 영상에는 적용되지 않는다. 그 이유로서는 모든 윤곽선은 두 개의 영역에 속하게 되므로, 두 영역의 skeleton에 의하여 두 번 부호화되어진다. 또 하나의 단점으로서 위의 방식은 오랜 계산 시간이 요구되어지는 반복적 연산이라는 점이다.

**B. Geodesic skeleton**

Ordinary skeleton의 단점을 보완하기 위한 방법으로 차이점은 윤곽선을 두 번씩 부호화하는 것을 계량하여 윤곽선을 한번만 부호화한다는 점이다. 이렇게

함으로서 skeleton point가 40% ~ 50%정도 감소한다. Geodesic skeleton은 각 픽셀에서 윤곽선까지의 거리를 기반으로 한다. 임의의 영역 X의 내의 픽셀  $x$ 에서의 거리 함수  $\rho$ 은 다음과 같이 정의되어진다.

$$\rho_X(x) = d(x, X^c) = \inf_{y \notin X} d(x, y) \quad (1)$$

식(1)에서 볼 수 있듯이 영역 X의 경계 부분에 식(2)를 만족하는 픽셀  $y_0$ 가 적어도 하나 존재한다.

$$d(x, y_0) = \rho_X(x) \quad (2)$$

다음으로 skeleton points를 구하기 위한 전 단계로서  $x$ 의 upstream을 정의한다.

$$\rho(y) = \rho(x) + d(x, y) \quad (3)$$

위의 식(3)을 만족하는 픽셀  $y$ 의 집합을  $x$ 의 upstream이라 한다. 여기서  $x$ 의 upstream이  $x$  자신 밖에 없을 경우에  $x$ 를 skeleton point라 한다. 아래의 그림3은 그림1의 영역 X를 geodesic skeleton을 이용하여 skeleton point를 구한 것이다. 여기에 사용된 구조 요소는 3×3 정사각형이다.

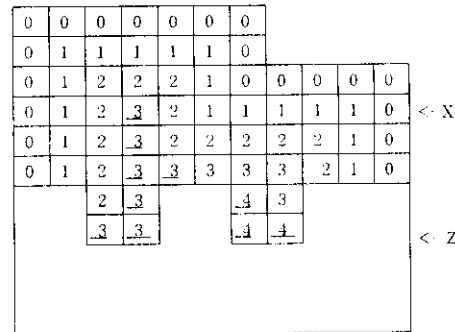


그림 3. Geodesic skeleton

위의 그림3에서 숫자 밑에 밑줄 쳐진 부분의 픽셀이 skeleton point이다. 위의 그림3은 영역 X와 영역 Z의 경계부분은 영역 Z로서 이미 부호화되었음을 나타낸다. 이와 같이 이미 부호화된 부분의 윤곽선은 제외하고 식(1)을 이용하여 각 픽셀에서 윤곽선까지의 거리를 구한 다음 식(3)을 이용하여 skeleton point를 구한다. Ordinary skeleton의 그림1과 geodesic skeleton의 그림3를 비교하면 그림1의 skeleton point의 개수는 22개이고, 그림3의 skeleton point의 개수는 10개이다. 이와 같이 skeleton point의 개수는 geodesic skeleton의 경우가 ordinary skeleton의 경우보다 훨씬 적다. 일반적으로 geodesic skeleton으로 구한 skeleton point가 ordinary skeleton 경우보다 40% ~ 50%정도 적다. 또한 geodesic skeleton의 경우에는 대부분의 skeleton point가 영역 X와 Z의 경계부분, 즉 이미 부호화된 윤

곽선 근처에 위치함을 알 수 있다.

### III. Geodesic skeleton을 이용한

#### 윤곽선 부호화

분할된 영상에 대해 geodesic skeleton을 적용하는 데 있어서 분할된 영역 중에서 어떤 영역을 먼저 부호화하는가에 따라서 결과되는 skeleton point의 수는 달라진다. 그 이유로는 영역의 윤곽선 중 부호화된 부분과 부호화되지 않은 부분이 geodesic skeleton의 적용 순서에 따라 달라지기 때문이다. 일반적으로 부호화되지 않은 윤곽선 부분이 많을수록 skeleton point의 수는 증가한다.

#### A. 순차적 방법

일반적으로 사용하는 방법으로서 그림4의 화살표와 같이 순차적으로 부호화 순서를 정하고, 그 순서에 따라 geodesic skeleton을 적용한다. 즉, 아래 부분보다는 위 부분이, 오른쪽 부분보다는 왼쪽 부분의 영역에 우선 순위를 두는 방법이다. 그림5에서는 순차적 방법을 이용하여 영역의 부호화 순서를 구한 예를 보여준다.

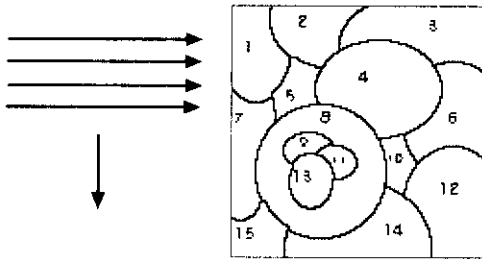


그림 4. 순차적 방법    그림 5. 순차적 부호화 순서

그림 5에서의 숫자는 영역의 구분과 부호화되는 순서를 표시한다. 여기에서 주목해야 할 부분은 영역 9, 11, 13을 포함하고 있는 영역 8이다. 영역 8에 geodesic skeleton을 적용할 때 영역 4, 5, 7과 경계를 이루는 부분의 윤곽선은 영역 4, 5, 7이 먼저 부호화되므로 이미 부호화 된 상태이다. 부호화되지 않은 윤곽선은 영역 9, 11, 13과의 경계 부분, 즉 내부의 윤곽선과 영역 10, 14, 15와의 경계부분, 즉 외부의 윤곽선이다. 다시 말하면 영역 8을 부호화할 때에 부호화되지 않은 윤곽선은 안쪽의 경계 부분과 바깥쪽의 경계 부분에 동시에 존재한다. 이와 같이 안쪽과 바깥쪽 동시에 윤곽선이 존재하는 영역은 그렇지 않은 영역에 비해 부호화되지 않은 윤곽선 부분이 많이 존재하게 된다. 그 결과 skeleton point가 많이 추출되어지며, 또

한 윤곽선이 안쪽과 바깥쪽 동시에 존재하기 때문에 얻어지는 skeleton point는 윤곽선의 근처에서 얻

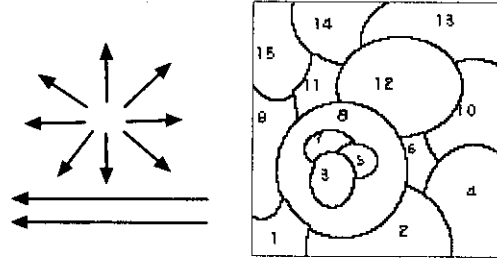


그림6. 제안한 부호화 방법    그림7. 제안한 부호화 순서

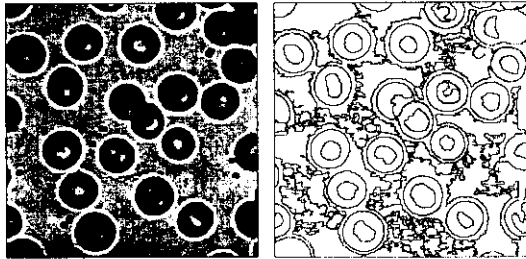
어지는 것이 아니라 윤곽선과 윤곽선 중간에 위치한다. 이로 인하여 skeleton point를 구하고 난 후, skeleton point의 위치를 가지고 수행하는 entropy 부호화의 효율을 저하시킨다.

#### B. 제안한 부호화 방법

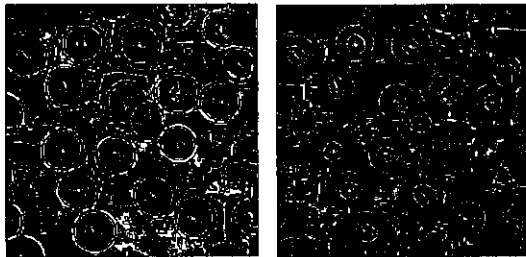
이 방법은 위의 순차적 방법의 단점을 보완하기 위하여 본 논문에서 제안한 부호화 방법이다. 그림6에서 방사선 모양의 화살표는 큰 영역 안에 작은 영역이 포함되어서 있는 경우에 작은 영역을 먼저 부호화하고, 나중에 큰 영역을 부호화함을 나타내며, 아래 부분의 화살표는 작은 영역을 포함하지 않는 영역에서는 순차적 방법의 역순으로 부호화함을 나타낸다. 이 방법의 알고리즘은 단순히 순차적 방법으로 얻은 부호화 순서의 역순으로 geodesic skeleton을 적용함으로써 위에서 설명한 부호화 순서를 얻을 수 있다. 그림7은 그림5의 분할된 영역에 본 논문에서 제안한 방법을 적용하여 얻은 부호화 순서이다. 그림7을 보면 영역 8을 부호화하기 전에 영역 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7이 먼저 부호화되므로, 영역 8에서 부호화 되지 않은 윤곽선은 영역 9, 11, 12와의 경계 부분이다. 즉, 순차적 방법에서 내부에 존재하는 부호화되지 않은 윤곽선 부분이 제안한 부호화 방법에서는 존재하지 않는다. 더불어 부호화되지 않은 윤곽선이 안쪽과 바깥쪽 동시에 존재하지 않고 바깥쪽에만 존재하기 때문에 skeleton point의 위치도 바깥쪽의 윤곽선 근처로 이동한다. 이와 같이 부호화되지 않은 윤곽선의 감소로 skeleton point가 적어지고, skeleton point가 윤곽선 근처로 이동하므로 entropy 부호화의 효율도 향상된다. 실험적으로 작은 영역을 포함하고 있는 영역이 많을수록 skeleton point의 질감은 더욱 향상된다. 여러 영상에 적용한 결과, 10% ~ 35%의 skeleton Point의 감소를 가져온다

IV. 실험 및 결과

그림8에서는 blood 영상에 적용한 결과를 보여 준다.



(a) Blood 영상 (b) 분할된 영역 (87개)



(c) 순차적 방법 (skeleton point: 9124개) (d) 제한한 부호화 순서 (skeleton point: 5652개)

그림 8. Blood 영상에 적용한 결과

그림8의 (b)는 영역 분할을 한 후에 영역이 어떻게 분할되어 있는가를 나타낸다. (c)는 순차적 방법을 (d)는 제한한 부호화 방법을 (b)와 같이 분할된 영상에 적용한 결과이다. (c)와 (d)에서 밝은 픽셀이 skeleton point이다. (c)의 윗부분 왼쪽, 아랫부분 중간, 오른쪽부

표 1. 여러 영상에 적용한 결과 (단위 : 개)

참조 영상 (영역의 개수, 영상의 크기)	순차적 방법	안쪽에서 바깥쪽	차이 (백분율)
Blood ( 87 , 256×256 )	9124	5652	3472 (38.1%)
Cameraman ( 107 , 256×256 )	7341	5248	2093 (28.5%)
Lena ( 102 , 256×256 )	5812	4958	854 (14.7%)
Foreman ( 52 , 64×64 )	831	620	211 (25.4%)
Rice ( 29 , 64×64 )	656	476	180 (27.4%)
Squirrel ( 68 , 256×256 )	5240	4230	1010 (19.3%)

분 아래에 skeleton point가 많이 뭉쳐있는 부분과 skeleton point가 원을 이루고 있는 부분이 바로 큰 영역이 작은 영역을 포함하고 있는 부분이다. skeleton point가 뭉쳐져 있는 부분은 너무 복잡해서 명확하게 식별할 수 없지만, 원을 이루고 있는 부분은 (b)을 참조하면 큰 영역이 작은 영역을 포함하고 있다는 것을 쉽게 알 수 있다. (d)는 제한한 부호화 방법으로 구한 skeleton point이며, 앞에서 언급한 두 부분에서 skeleton point의 감소를 보여 준다. 표1은 순차적 방법과 제한한 부호화 방법을 여러 영상에 적용한 결과를 비교한 것이다. 표1에서 skeleton point의 감소는 최소 14.7%이고, 최대 38.1%이다. 표1에서 백분율은 skeleton point의 갯수를 다음과 같은 식으로 표현한 것이다.

$$\frac{\text{순차적 방법의 갯수} - \text{제한한 방법의 갯수}}{\text{순차적 방법의 갯수}} \times 100$$

참고 문헌

[1] P. Brigger, P. Salembier, Josep R. Casas, and M. Pardas. "Morphological operators for image and video compression." IEEE Trans. Image processing, pp881-898, vol 5, no. 6, June 1996.

[2] P. Salembier, L. Torres, F. Meyer, and C. Gu, "Region-based video coding using mathematical morphology," Proc. IEEE, vol. 83, no. 8, pp. 1153-1160, June 1995.

[3] F. Meyer, "Skeletons and watershed lines in digital spaces," SPIE, vol. 1350, pp. 85-102, 1990

[4] P. A. Maragos and R. W. Schafer, "Morphological skeleton representation and coding of binary images," IEEE Trans. Acoust., Speech, signal Processing, vol. 34, no. 5, pp. 1228-1244, Oct. 1986.

[5] M. Kunt, A. Ikonomopoulos, and M. Kocher, "Second generation image coding techniques," Proc. IEEE, vol. 73, no. 4, pp. 549-575, Apr. 1985.

[6] J. W. Brandt, A. K. Jain, V. R. Algazi, "Medial axis representation and encoding of scanned document." J. Vis. Commun. Image Repres. < vol. 2pp. 151-165, June 1991.

[7] P. Brigger, S. Ayer, and M. Kunt, "Morphological shape representation of segmented images based on temporally modeled motion vectors," in Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing, Austin, Texas, pp. 756-760, vol. III, Nov. 1994.