

영역간 대조를 이용한 적응적 윤곽선 평활화

이시웅* · 김차종* · 이정환**

*한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부

**안동대학교 전자정보산업학부

Adaptive Contour Smoothing Based on Inter-region Contrast

Si-Woong Lee* · Cha-Jong Kim* · Jung-Hwan Lee**

*Hanbat National University

**Andong National University

E-mail : swlee69@hanbat.ac.kr

요 약

본 논문에서는 이차원 윤곽선 부호화기의 전처리를 위한 새로운 윤곽선 평활화 방법을 제안한다. 제안된 방식에서는 영역 기반 동영상 부호화기의 부호화 효율을 고려하여 각 윤곽선 화소의 상대적 중요도를 밝기 영상의 영역간 대조에 근거하여 추정하고, 추정된 중요도에 따라 평활화 정도를 적응적으로 조절한다. 실제의 평활화 과정은 확장 연산자와 세션화 알고리즘을 통하여 효율적으로 구현하였다. 모의실험을 통하여 제안된 방식이 복구 영상의 큰 화질열화 없이 전체 윤곽선 데이터량을 약 20% 정도 감소시킴을 알 수 있었다.

ABSTRACT

An adaptive contour smoothing algorithm designed as a preprocessor for shape coders is presented. In the proposed method, the degree of the adaptive smoothing is controlled based on the significance of each contour point, which is quantified according to inter-region contrast in an intensity image. The actual smoothing consists of an expansion operator and a thinning algorithm. Experimental results show that the proposed method results in a saving of about 20% in number of coded bits with a negligible additional texture degradation in the reconstructed intensity image.

키워드

윤곽선 부호화, 윤곽선 평활화, 영역간 대조

1. 서 론

윤곽선 영상의 적응적 평활화 (adaptive smoothing)는 윤곽선 상의 중요 특징들은 보전함과 동시에 불필요한 굴곡을 유발하는 잡음 성분만을 선별적으로 제거하는 것을 목적으로 한다. 따라서, 적응적 평활화의 유효성은 윤곽선 잡음 (contour noise)을 윤곽선 특징 (contour feature)과 구분해주는 구분척도와 밀접히 연관되어 있다고 할 수 있다. 참고문헌 [1]에서는 이를 위해 문맥기반 방식을 제안하였는데, 이 방식에서는 큰 구조 (structure) 상에 존재하는 국부적인 요철은 잡음으로 간주하

고, 좁은 구조 상의 요철은 특징선으로 간주하는 방식이다. 그러나 이 방식은 윤곽선 신호에 대한 부호화 효율을 전혀 고려하지 않고 있으므로 영역 기반 영상 부호화 (region-based image coding) 응용에는 적합하지 않다.

영역기반 영상 부호화기의 응용분야에서는 윤곽선 평활화 정도를 조절하는 윤곽선 화소들의 중요도를 평가할 때 두가지의 요인이 함께 고려되어야 한다. 하나는 윤곽선 화소의 추출과정에 대한 신뢰성 (reliability)이며, 다른 하나는 평활화가 재생 영상에 미치는 심각성 (severity)이다. 신뢰성은 특정 윤곽선 화소가 실제 영역간의 경계선에 포함될 확

를 의미하고, 심각성이란 평활화 작용이 재생된 원 영상 신호의 화질 열화에 미치는 정도를 의미한다. 윤곽선 화소의 신뢰성 또는 심각성이 떨어질수록 그 화소의 중요도는 낮아진다고 할 수 있다. 이 두 가지의 요인을 모두 반영할 수 있는 영상 특징 값으로는 영역간 대조(contrast)를 들 수 있다. 영상 분할 과정에서 두 분할 영역간의 대조가 낮을수록 영역 경계의 모호성으로 인해, 추출된 윤곽선 신호는 불필요하게 복잡한 형태를 나타내게 되며, 이런 경우가 낮은 신뢰성을 갖는 윤곽선 화소에 해당한다. 동시에, 이 경우 심각성도 낮은 값을 갖는데, 이는 평활화 영역에서의 화질 저하는 두 인접 영역간의 대조에 비례하기 때문이다. 따라서, 본 논문에서는 인접 영역간의 대조에 근거하여 윤곽선 화소의 상대적 중요도를 평가하고, 평가된 중요도에 기반하여 윤곽선을 적응적으로 평활화하는 기법을 제안한다.

II. 시스템 구성도

제안된 윤곽선 평활화 방식은 1) 윤곽선 신호의 적응적 확장 과정, 2) 확장된 윤곽선의 세선화(thinning) 과정, 3) 사후처리 과정의 크게 세 단계 과정으로 구성된다. 우선, 적응적 확장 단계에서는 가변적 크기의 구조체(structuring element)를 이용하여 윤곽선을 적응적으로 확장하게 되는데, 이때 확장 shape의 폭은 각 윤곽선 화소의 중요도에 대한 추정값을 이용하여 결정된다. 그 후, 평활화 윤곽선은 세선화 알고리즘을 이용하여 확장된 shape의 중심선(medial axes)를 추출함으로써 얻어진다. 사후처리 단계에서는 연결 윤곽선(connected contour)의 개념을 바탕으로 세선화 결과 윤곽선에 대해 비연결 가지들을 제거하는 단계이다.

III. 윤곽선 화소의 중요도 측정

인접 영역간의 대조는 영역 분할(image segmentation) 과정에서의 분할 척도에 근거하여 계산되어야 한다. 영역 분할시 많이 사용되는 대표적 분할 척도로는 움직임의 균일성(motion homogeneity)과 밝기값의 균일성(intensity homogeneity)이 있다. 만약 움직임 균일성이 사용되었다면 인접 영역간의 대조는 영역 움직임의 차이값으로 측정될 수 있으며, 밝기값의 균일성이 사용된 경우에는 두 영역간의 밝기값의 차이에 의해 대조가 계산된다. 두 방식의 계산과정이 비슷하므로, 본 논문에서는 균일한 밝기값 모델에 근거한 프레임내 분할 방식만을 고려하기로 한다. 그러면, 윤곽선 화소 $c(i)$ 의 중요도는 다음 식에 의해 계산된다.

$$S(c(i)) = \frac{std(c(i))}{128} \quad (1)$$

여기서 $std(c(i))$ 는 $c(i)$ 의 주위 영역에서 계산된 화소 밝기값의 표준 편차이다. $S(c(i))$ 는 정규화된 값으로 $0 \leq S(c(i)) \leq 1$ 임을 주의한다. $c(i)$ 가 분할하는 두 영역간의 대조가 클수록 $c(i)$ 는 중요한 윤곽선 화소로 간주되어 중요도가 1에 가까운 값을 나타내며, 반대의 경우에는 중요도가 0에 가까운 값을 갖는다. 따라서 식(1)에 의해 각 윤곽선 화소에 대한 중요도 $S(c(i))$ 를 측정하고, 이 값을 적응적 평활화 정도에 대한 조절 계수로 사용한다.

IV. 적응적 확장 및 세선화 알고리즘을 이용한 윤곽선 평활화

확장 연산자는 널리 사용되는 형태학적 dilation 연산자의 일종이다. 윤곽선 C 와 구조체 B 가 이차원 유클리디안 공간상의 집합이라고 가정한다. 그리고, $B_{c(i)}$ 를 구조체 B 를 중심점이 i 번째 윤곽선 화소 $c(i)$ 에 위치하도록 이동한 것이라고 하면, 윤곽선 C 의 B 에 의한 확장은 $B_{C(i)}$ 의 모든 점들의 유니온으로 정의된다. 즉,

$$C \oplus B = \bigcup_{c(i) \in C} B_{c(i)} \quad (2)$$

적응적 평활화를 위해 $B_{c(i)}$ 의 크기를 식(1)에서 계산된 윤곽선 화소의 중요도 $S(c(i))$ 에 따라 다음식과 같이 계산한다.

$$r_{c(i)} = \text{size of } B_{c(i)} = \min \left\{ r_{\max}, \left\lfloor \frac{\alpha}{S(c(i))} + 0.5 \right\rfloor \right\} \quad (3)$$

여기서 r_{\max} 는 $B_{C(i)}$ 의 최대 허용 크기이고, α 는 조절계수이다. 식(3)은 윤곽선의 확장 과정에서 확장 정도를 결정하는 구조체의 크기가 윤곽선의 중요도에 반비례하여 증가함을 의미한다. 즉, 고대조 영역간의 경계에서는 윤곽선 특징이 평활화 후에도 잘 유지될 수 있도록 작은 크기의 구조체를 사용하며, 반대로 저대조 영역간의 경계에서는 국부적인 윤곽선 잡음이 확장된 shape에 묻히도록 큰 크기의 구조체를 사용하여 윤곽선이 확장된다.

확장된 윤곽선 영상으로부터 1화소 두께의 평활화 윤곽선을 얻는 과정에서는 세선화 알고리즘이 사용된다. 일반적인 세선화 알고리즘들은 영역을 영역의 중심선을 따라 위치하는 단순 아크(arc)들의 집합으로 변형하는 기법이다. 따라서, 세선화 알고리즘을 확장된 윤곽선 영상에 적용함으로써, 평활화 된 윤곽선 영상을 얻을 수 있다. 기존의 세선화 알고리즘 중에서 본 논문에서는 윤곽선 잡음에는 둔감하면서 연결된 아크를 만들어 주는 참고 문헌 [2]의 기법을 적용하였으며 그 과정은 간단히

다음과 같다. 우선 그림1과 같이 현재 윤곽선 화소가 P_1 일 때, $Z(P_1)$ 을 $P_2, P_3, P_4, \dots, P_9, P_2$ 의 순서대로 회전시의 0이 아닌 값으로의 변환 횟수라고 하고, $NZ(P_1)$ 을 P_1 의 0이 아닌 인접 화소(윤곽선 화소)의 개수라고 하자. 그러면, P_1 이 다음의 조건을 만족하는 경우 이 화소를 0으로, 즉, 비 윤곽선 화소로 표시한다.

$$\left. \begin{array}{l} 2 \leq NZ(P_1) \leq 6 \\ \text{and } Z(P_1) = 1 \\ \text{and } P_2 \cdot P_4 \cdot P_8 = 0 \text{ or } Z(P_2) \neq 1 \\ \text{and } P_2 \cdot P_4 \cdot P_6 = 0 \text{ or } Z(P_4) \neq 1 \end{array} \right\} \quad (4)$$

이 과정을 더 이상의 비 윤곽선 화소가 발생될 때까지 계속하여 반복한다.

V. 실험 결과

모의실험에서는 $(2r+1) \times (2r+1)$ 크기의 정방형 구조체를 사용하였다. 그림 2(a)의 윤곽선 영상에 대해 본 논문에서 제안한 확장 연산 및 세션화 알고리즘에 의한 평활화 결과 영상이 그림 2(b)~2(d)에 나와 있다. 이 결과로부터 확장 연산에서 사용되는 구조체의 크기에 비례하여 평활화 정도가 조절됨을 알 수 있다.

그림 3은 제안된 적응적 윤곽선 평활화 기법에 대한 실험 결과를 보여준다. 그림 3(a)는 "Miss America" 밝기 영상이며, 그림 3(b)는 그림 3(a)의 영상으로부터 추출된 윤곽선 영상이다. 윤곽선 추출 과정에서는 참고문헌 [3]의 형태학적 영상 분할 기법을 이용하였다. 추출된 윤곽선 영상을 볼 때, 머리와 배경간의 경계와 같이 주로 저대조 영역에서 추출된 윤곽선에서 잡음 성분이 많이 나타남을 알 수 있다. 그림 3(c)와 3(d)는 각각 적응적 확장 및 평활화된 윤곽선 신호를 나타낸다. 식(3)의 파라미터 값으로는 $\alpha=0.15$ 및 $r_{\max}=5$ 를 사용하였다. 결과로부터 저대조 영역의 복잡한 굴곡 형태는 평활화 과정에 의해 많이 부드럽워지지만 얼굴과 머리간의 경계와 같은 고대조 영역에서는 원래의 윤곽선 형태가 잘 유지됨을 볼 수 있다.

표1은 평활화 전, 후 윤곽선 영상에 대한 부호화 결과이다. 두 번째 열이 chain 부호가 적용되었을 때의 부호 비트 수이다. 평활화 윤곽선을 부호화에 이용한 경우가 원 윤곽선에 비해 약 20% 정도의 비트량 감소 효과가 있음을 알 수 있다. 세 번째 열은 각각의 분할된 영역들을 대표적 영역 모델링 방식인 영역의 평균 밝기값으로 근사화하여 복구하였을 때의 화소당 평균 밝기 오차값을 나타낸다. 결과로부터 윤곽선 평활화에 따른 텍스처(texture) 오차는 원 윤곽선을 사용하였을 경우에 비해 1% 미만의 적은 화질 열화가 발생함을 알 수 있다. 이 실험 결과를 통하여 제안된 대조 기반 적응적 평활화가 영역 분할 동영상 부호화 응용에 있어서 매우

효과적인 평활화 기법임을 알 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 윤곽선 확장 및 세션화 알고리즘에 기반한 적응적 윤곽선 평활화 알고리즘을 제안하였다. 제안된 기법에서는 각 윤곽선 화소의 상대적 중요도를 영역간 밝기값의 대조에 근거하여 평가하였으며, 계산된 중요도에 따라 영역간의 경계선을 적응적으로 평활화 하였다. 제안된 적응적 평활화 기법을 윤곽선 신호의 부호화 전처리에 사용함으로써, 재생 화질의 큰 열화없이 윤곽선 데이터량을 상당폭 감소시킬 수 있음을 실험을 통하여 살펴보았다. 본 논문에서는 제안된 대조 기반 적응적 평활화의 개념을 윤곽선 확장 및 세션화 알고리즘을 이용하여 구현하였지만, 이 개념은 기존의 다른 윤곽선 평활화 기법들에 대해서도 그대로 적용할 수 있다.

참고 문헌

- [1] Jang, B.K. and Chin, R.T.: 'Morphological scale space for 2D shape smoothing', Proc. ICIP, vol.2, pp.111~115, 19
- [2] Jain, A.K.: 'Fundamentals of digital image processing'(Prentice-Hall, 1989)
- [3] Salembier, P. and Pardas, M.: 'Hierarchical morphological segmentation for image sequence coding', IEEE Trans. Image Processing, vol.3, no.5, Sep. 1994, pp.46-55.

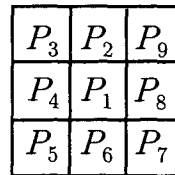
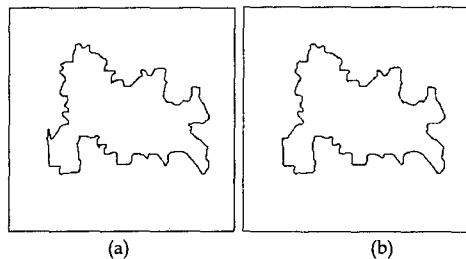


그림 1. 윤곽선 화소 P_1 의 인접 화소



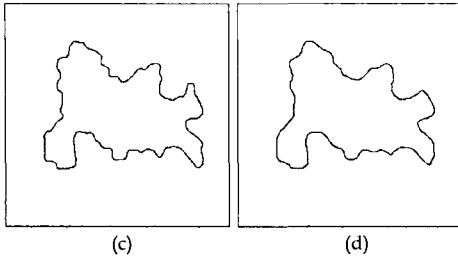


그림 2. 윤곽선 평활화 결과 : (a) 원 윤곽선; (b) 평활화 윤곽선 ($r=1$); (c) 평활화 윤곽선 ($r=3$); (d) 평활화 윤곽선 ($r=5$)

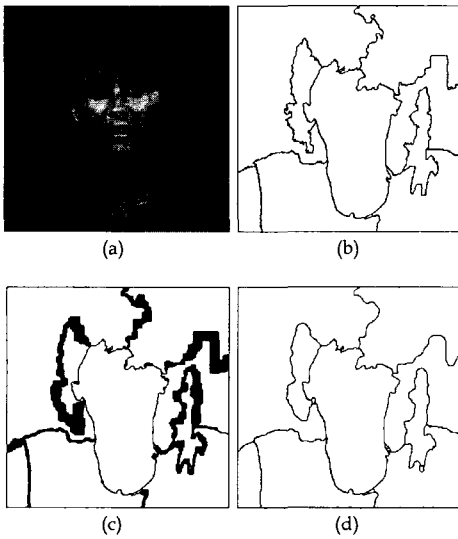


그림 3. 적응적 윤곽선 평활화 결과: (a) 실험영상 "Miss America"; (b) 원 윤곽선; (c) 적응적 확장된 윤곽선 영상; (d) 평활화 된 윤곽선 영상

표 1. 부호화 비트량 및 화소당 평균오차값

	부호화 비트량	화소당 오차
원 윤곽선	2192	7.70
평활화 윤곽선	1743	7.76