

논문-05-10-4-15

## 밝기 왜곡을 고려한 윤곽선 근사화용 정점 선택 방법

최재각<sup>a)\*</sup>, 이시웅<sup>b)</sup>, 고창림<sup>c)</sup>, 이종극<sup>a)</sup>

### Vertex selection method considering texture degradation for contour approximation

Jae Gark Choi<sup>a)\*</sup>, Si-Woong Lee<sup>b)</sup>, Chang-Rim Koh<sup>c)</sup> and Jong-Keuk Lee<sup>a)</sup>

#### 요 약

본 논문에서는 다각형 기반 윤곽선 근사화를 위한 새로운 정점 선택 방법을 제안한다. 제안 방법은 전체 윤곽선을 부분 윤곽선으로 분할하고, 분할된 각 부분 윤곽선을 가변적 정확도에 따라 적응적으로 근사화한다. 근사화 정확도는 각 부분 윤곽선의 상대적 중요도에 의해 결정된다. 이때 근사화 오차 영역에서 발생하는 밝기 왜곡을 고려하여 각 부분 윤곽선의 상대적 중요도를 결정함으로써, 같은 윤곽선 데이터 량으로 보다 높은 재생영상의 화질 향상을 이룰 수 있다. 이러한 개념을 바탕으로 영역간 대조와 최대허용오차( $d_{max}$ )와의 관계식을 유도하고, 이 식을 이용한 적응적 정점 선택 방법을 제안한다. 실험 결과, 제안된 방법이 영상 부호화의 측면에서 기존 기법보다 우수한 성능을 나타내었다.

#### Abstract

This paper presents a new vertex selection scheme for the polygon-based contour approximation. In the proposed method, the entire contour is partitioned into partial segments and they are approximated adaptively with variable accuracy. The approximation accuracy of each segment is controlled based on its relative significance. By computing the relative significance with the texture degradation in the approximation error region, the visual quality enhancement in the reconstructed frames can be achieved under the same amount of the contour data. For this purpose, a decision rule for  $d_{max}$  is derived based on inter-region contrasts. In addition, an adaptive vertex selection method using the derived rule is proposed. Experimental results are presented to show the superiority of the proposed method over conventional methods.

Keyword: contour coding, polygonal approximation, region-based image coding

## I. 서 론

- 
- a) 동의대학교 컴퓨터공학과  
Donggeui University Dept. of Computer Engineering  
b) 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부  
Hanbat National University Division of Information Communication and Computer Engineering  
c) 경일대학교 전자공학부  
Kyungil University Dept. of Electronic Engineering

최근, 멀티미디어 통신의 많은 응용 분야에 있어서, 일반적인 형태를 갖는 객체 단위의 비디오 처리 기술에 대한 요구가 증대되고 있다. 이 기술은 영역 기반 정지영상/동영상 부호화, 디지털 라이브러리, 내용기반 동영상 저장 및 복구 등과 같은 폭넓은 응용분야에서 이용되는 핵심기술이다.

이를 위해서는 각 비디오 객체에 대한 색상 정보뿐 아니라 그들의 모양 정보에 대한 표현기술의 개발이 필수적이다. 이미 기존에 모양 정보의 부호화를 위한 다양한 방법들이 제시되어 있으며, 다각형 기반 표현 방식은 그 중 가장 대표적 기법중의 하나이다. 이 방식은 영역 경계인 윤곽선을 특정 개수의 선분들의 연결로 근사화 하는 기법이며, 오차 한도의 조절을 통해 근사화 정도를 간단히 제어할 수 있다는 장점이 있다.

다각형 근사화를 포함한 기존의 윤곽선 근사화 방식들은 대부분 근사화 과정에서 발생하는 오차 영역의 최소화를 목적으로 한다. 이는 일반적으로 윤곽선 신호를 영상분할의 결과인 이진 영상 신호로 생각하기 때문이다. 그러나, 동영상 부호화의 적용을 목적으로 할 경우 오차 영역의 최소화가 아니라 복구 영상의 화질 개선이 목적이 되어야 하며, 따라서 윤곽선 근사화 또는 부호화도 복구 영상의 화질을 고려하여 설계되어야 한다. 재생 영상의 화질을 고려한다면 윤곽선 신호는 동일한 중요도를 갖는 이진 영상이 아니라, 각 윤곽선 부분마다 다른 중요도를 갖는 신호가 된다. 영역간의 특성이 모호할수록 부정확한 영상 분할로 인해 윤곽선이 복잡한 형태로 추출될 가능성이 높다. 이런 부분의 윤곽선은 근사화 과정에서 많은 데이터를 발생하지만, 재생 영상의 화질에는 큰 영향을 미치지 못한다. 이는 두 영역간의 특성이 유사함에 기인한다. 반면, 특성이 뚜렷이 구분되는 영역의 경계에서 발생하는 윤곽선의 근사화 오차는 재생영상에서 큰 화질 저하를 초래할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 이런 특성을 바탕으로 윤곽선을 적응적으로 근사화 하는 새로운 방법을 제안한다.

2장에서는 다각형 기반 윤곽선 부호화에 대한 기존 방법들에 대해 간단히 살펴본 후, 이들을 영역 기반 영상 부호화에 적용할 때 발생하는 문제점을 기술한다. 기존 방법의 문제점을 해결하기 위한 방안으로 본 논문에서는 대조 기반 적응적 정점 선택 기법을 제안한다. 제안된 방식은 윤곽선 신호를 영역 연결 정보로부터 부분 윤곽선들로 분할하고, 분할된 각 윤곽선을 가변 오차한도를 사용하여 적응적으로 근사화하는 기법이다. 이때 오차한도는 중요한 부분 윤곽선에 많은 정점이 할당되도록 영역간 대조를 이용하여 결정한다. 이러한 방식은 재생된 영상의 화질 관점에서 보다 효과적인 정점 선택을 가능하게 한다.

적응과정을 수학적으로 표현하기 위해 3장에서 영역간 대조와 오차한도와의 관계식을 유도한다. 4장에서는 유도된 관계식을 이용한 적응적 다각형 근사화 알고리즘을 제안한다. 제안된 방법의 유효성을 입증하기 위해 5장에서 실험 결과를 제시하며, 6장에서 결론을 맺는다.

## II. 배경

### 1. 기존 다각형 근사화 기법의 고찰

일반적인 다각형 기반 윤곽선 부호화기의 블록도를 그림 1에 나타내었다<sup>[1]</sup>. 첫 단계에서 분할 라벨 영상에 대해 공간 해상도를 제한하거나 또는 불필요한 잡음성분과 경계 찌그러짐 현상 등을 줄이기 위한 전처리 과정이 수행된다<sup>[2,3]</sup>. 그 후, 전처리된 라벨 영상으로부터 윤곽선 신호를 추출한다.

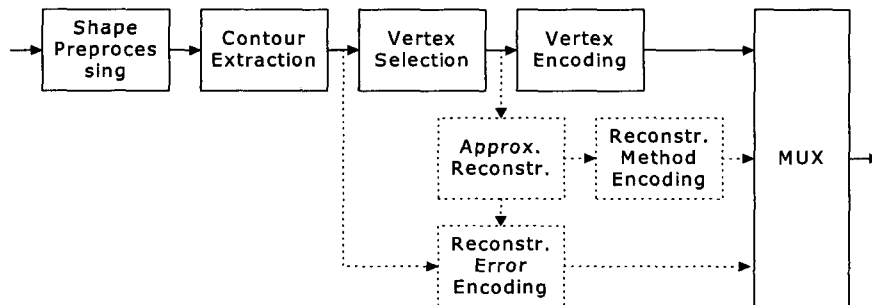


그림 1. 일반적인 다각형 기반 윤곽선 부호화기  
Fig. 1 Polygon-based boundary encoder

정점 선택부는 전체 정점개수나 오차 한도를 제한조건으로 근사다각형의 정점들을 추출하는 과정이다. 마지막으로 정점 부호화부는 추출된 정점들의 좌표를 압축, 부호화하는 기능을 담당한다<sup>1,4,5</sup>. 그림 1의 점선으로 표시된 블록들은 윤곽선 근사화 과정에서 발생하는 근사오차를 부호화하는 과정이다<sup>6,7</sup>. 다각형 기반 윤곽선 부호화에서는 정점 선택 기법의 효율성과 선택된 정점의 부호화 알고리즘이 가장 중요한 연구주제라고 할 수 있으며, 이 중 본 논문에서는 정점 선택 문제를 다루고자 한다.

기존의 정점 선택기법으로는 반복개선기법(iterated refinement method, IRM)과 순차정점선택(progressive vertex selection, PVS) 기법이 대표적이다. IRM 기법<sup>8,9</sup>은 윤곽선을 원 윤곽선과 근사다각형 간의 거리오차가 오차한계  $d_{max}$  보다 작아질 때까지 다각형 선분을 사용하여 반복적으로 분할해 가는 방식이다. PVS 기법<sup>3</sup>은 윤곽선 상의 초기점에서 시작하여  $d_{max}$  를 만족하는 가장 먼 선분을 찾을 때까지 다음 정점을 순차적으로 찾아가는 방식이며, 이 과정을 현재 다각형 선분의 끝점을 다음 선분의 시작점으로 하여 계속 반복한다. 이들 방식 외에 선택된 초기 정점들의 위치를 근사화 오차를 줄이기 위해 조정하기 위한 방식들도 제안되어 있다<sup>10,11</sup>.

## 2. 기존 기법의 문제점

윤곽선 부호화를 위해 개발된 대부분의 기존 기법들은 부호화된 근사 윤곽선과 원 윤곽선 간의 유사성을 부호화 성능의 척도로 삼는다. 다각형 근사화 기법들은 원하는 근사화 정도에 따라  $d_{max}$  값을 결정한 후, 이 값을 매개로 하여 전체 윤곽선 신호를 근사화 한다. 즉,  $d_{max}$  값에 따라 전체 윤곽선이 동일한 정확도로 근사화 되며, 이때 근사화 오차 영역을 최소로 줄이기 위한 방법론을 개발하는 것이 주요 연구 목적이었다. 그러나 이런 방식들은 전체 윤곽선을 동일하게 처리함으로써, 전체 윤곽선을 구성하는 세부 윤곽선 간의 상대적 중요도(relative importance)가 부호화 과정에서 고려되지 못하는 결과를 초래한다.

동영상 부호화기는 동일한 전송률에서 재생 화질의 우수

성을 추구하는 것이 목적이라고 할 수 있다. 따라서 동영상 부호화기에 적용하기 위한 윤곽선 근사화 및 부호화기 또한 재생화질을 고려하여 설계되는 것이 마땅하다. 즉, 근사화 과정에서 발생하는 오차 영역 자체를 성능척도로 하는 것이 아니라, 오차 영역에서 발생하는 화질의 열화를 척도로 하는 것이 보다 타당한 설계 방향이라 할 수 있다. 재생영상의 화질을 윤곽선 부호화의 척도로 생각하면, 윤곽선 신호는 단순한 이진 신호(binary signal)가 아니라 윤곽선 신호의 각 부분이 국부적으로 서로 다른 상대적인 중요도를 갖는 신호가 된다. 예로서, 영상 영역이  $R_1$ 과  $R_2$ 의 두 영역으로 분할되고, 각 영역이  $I_1$  및  $I_2$ 의 평균 밝기 값으로 모형화 되는 경우를 가정해보자. 만약  $R_1$  속하는  $(x, y)$  위치의 화소가  $R_2$  영역으로 잘못 할당된 경우, 재생 영상의 그 화소에서의 텍스처(texture) 오차는 식 (1)과 같이 계산된다.

$$\varepsilon(x, y) = |I(x, y) - I_2| \approx |I_1 - I_2| \quad (1)$$

근사화 오차 영역에서의 화질 저하를 SAD (sum of absolute difference) 로 평가한다면, 위 식은 화질 저하가 윤곽선을 형성하는 두 인접 영역간의 대조  $C = |I_1 - I_2|$ 에 비례하여 발생함을 의미한다. 즉, 영역간 대조가 심한 부분의 윤곽선은 대조가 작은 부분의 윤곽선에 비해 텍스처 오차 관점에서 상대적 중요도가 높다고 할 수 있으며, 따라서 그 부분은 보다 세밀한 근사화를 행해야 한다. 본 논문에서는 윤곽선 신호의 가변적인 상대적 중요도를 고려하여, 적응적  $d_{max}$  를 이용한 윤곽선 정점 선택 기법을 제안하고자 한다.

## III. 영역간 대조에 근거한 $d_{max}$ 의 결정식

실제 윤곽선 신호를 적응적으로 근사화 하기 위해서는 윤곽선 간의 상대적 중요도에 따라  $d_{max}$  값을 어떻게 조절할 것 인지가 해결되어야 한다. 앞에서 언급한 바와 같이 윤곽선 사이의 상대적 중요도는 영역간의 밝기차에 의해 발생하므로, 하나의 근사 다각형에서 발생하는 텍스처 오차의 합을

영역간의 밝기차에 무관하게 항상 일정하게 유지되도록 함으로써 밝기차와  $d_{max}$  간의 관계식을 유도할 수 있다. 일반적인 형태의 윤곽선에 대한 관계식은 수식 유도가 불가능하기 때문에, 우선 수식 유도가 가능한 원 형태 윤곽선에 대해 관계식을 유도한 뒤, 유도된 식이 일반적인 윤곽선에 대해서도 적용 가능함을 실험적으로 증명하도록 하겠다.

1. 원형 윤곽선에 대한 관계식

원 형태의 윤곽선을  $n$ 개의 다각형으로 근사화하는 경우를 생각한다. 그러면 중심각이  $\alpha = 2\pi/n$ 인  $n$ 개의 부채꼴이 생기며 부채꼴의 현과 호에 의해 둘러싸인 근사화 오차 영역이 발생한다. 이 오차영역의 면적은 부채꼴의 면적에서 삼각형의 면적을 빼면 되므로 식 (2)처럼 계산된다.

$$S_i = \frac{r^2\alpha}{2} - r^2 \cos\left(\frac{\pi - \alpha}{2}\right) \sin\left(\frac{\pi - \alpha}{2}\right) \tag{2}$$

$$= \frac{\pi r^2}{n} - r^2 \cos\left(\frac{\pi - \frac{\pi}{n}}{2}\right) \sin\left(\frac{\pi - \frac{\pi}{n}}{2}\right)$$

이러한 오차 영역이 모두  $n$ 개가 존재하므로, 근사화에 의해 발생하는 전체 오차 영역의 면적은 식 (3)과 같다.

$$S = nS_i$$

$$= \pi r^2 - nr^2 \cos\left(\frac{\pi - \frac{\pi}{n}}{2}\right) \sin\left(\frac{\pi - \frac{\pi}{n}}{2}\right) \tag{3}$$

$$= \pi r^2 - \frac{nr^2}{2} \sin\left(\frac{2\pi}{n}\right)$$

여기서,  $C = |I_1 - I_2|$  를 두 영역간의 밝기차로 두면, 근사화 오차 영역에서 발생하는 오차 신호의 합(E)은 식 (4)와 같다.

$$E = C\pi r^2 - \frac{nCr^2}{2} \sin\left(\frac{2\pi}{n}\right) \tag{4}$$

이때,  $n$ 과  $d_{max}$  간의 관계식 (5)를 식 (4)에 대입하여  $n$ 을  $d_{max}$ 로 치환한 후,  $C$ 에 대해 정리하면 최종적으로 식 (6)이 얻어진다.

$$n = \frac{\pi}{\cos^{-1}(1 - d_{max}/r)} \tag{5}$$

$$C = \frac{E}{r^2 \left( \pi - \frac{\pi \sin(2 \cos^{-1}(1 - d_{max}/r))}{2 \cos^{-1}(1 - d_{max}/r)} \right)} \tag{6}$$

식 (6)에서  $E$ 는 윤곽선의 다각형 근사화에 의해 발생하는 재생 화질의 열화를 나타내는 값으로서, 이를 상수로 두면 위식은 영역간 밝기값 차와  $d_{max}$  간의 비선형 관계식이 된다. 그림 6은 식 (6)에 따른 밝기차와  $d_{max}$  간의 관계 곡선을 나타낸다. 이 곡선은 동일한 화질 열화가 발생되기 위해서는 영역간 밝기차가 작아질수록  $d_{max}$ 의 값이 비선형적으로 증가함을 나타낸다. 그리고, 밝기차의 변화에 대한  $d_{max}$ 의 변화율은 밝기차가 작아질수록 급격히 증가함을 알 수 있다.

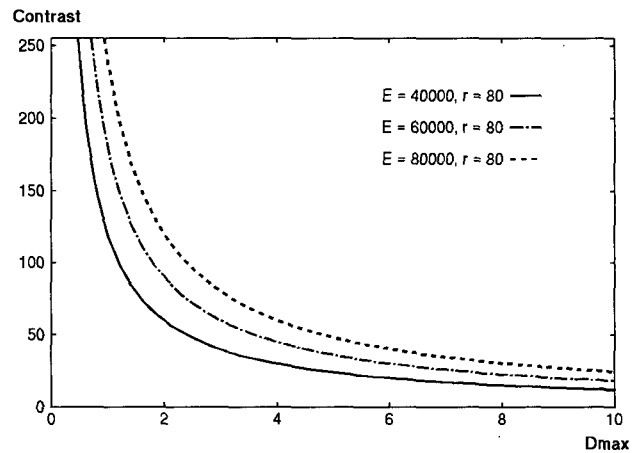


그림 2. 원형 윤곽선에 대한 영역간 대조와  $d_{max}$  간의 관계곡선  
Fig. 2.  $C - d_{max}$  curves for circular contour

2. 일반적 윤곽선에 대한 관계식

식 (6)은 윤곽선이 원 모양인 경우에 대해 유도된 관계식이다. 이 식에서  $r$ 을 원 둘레인  $l=2\pi r$ 로 치환하면 식 (7)이 얻어진다.

$$C = \frac{4\pi E}{l^2 \left( 1 - \frac{\sin(2 \cos^{-1}(1 - 2\pi d_{\max} / l))}{2 \cos^{-1}(1 - 2\pi d_{\max} / l)} \right)} \quad (7)$$

식 (7)에서  $l$ 은 일반적 형태의 윤곽선인 경우에는 윤곽

선의 전체길이, 즉, 총 윤곽선 화소 수로 정의할 수 있다. 이렇게 할 경우 이 관계식이 어느 정도 타당한지를 실험을 통하여 알아보겠다.

그림 3은 표준 실험 영상인 "Mother and daughter"와 "Stefan" 영상에서 추출된 윤곽선이다. 이 영상에서 내부 영역의 밝기값을 변화시켜가며 동일한 화질 저하를 발생시키기 위한  $d_{\max}$ 의 값을 조사하였다. 그 결과가 그림 4에 나와 있다. 그림에서 실선은 식 (7)에 의한 곡선이며, 점선은 실제 실험에 의한 측정치이다. 결과로부터 식 (7)이 일반적 형태의 윤곽선 영상에 대해서도 잘 적용됨을 알 수 있다. 이는 화질 열화가 오차 영역의 모양이 아니라 면적의 함수이기 때문이다.

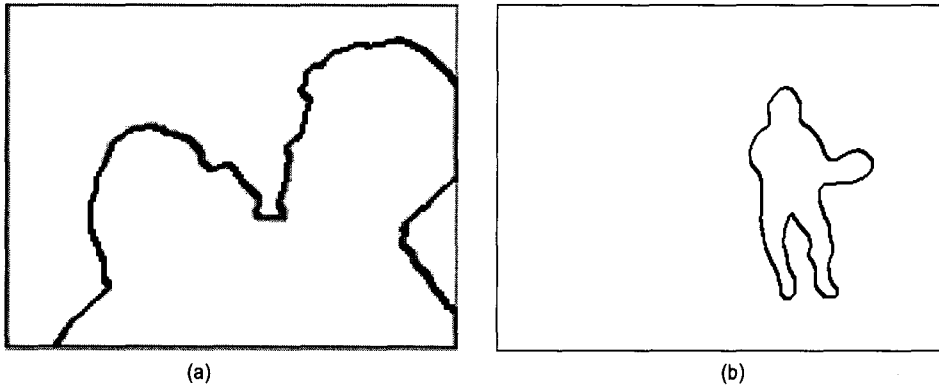


그림 3. 윤곽선 영상: (a) "MAD" 영상 (b) "Stefan" 영상  
 Fig. 3 Contour images: (a) "MAD" image; (b) "Stefan" image

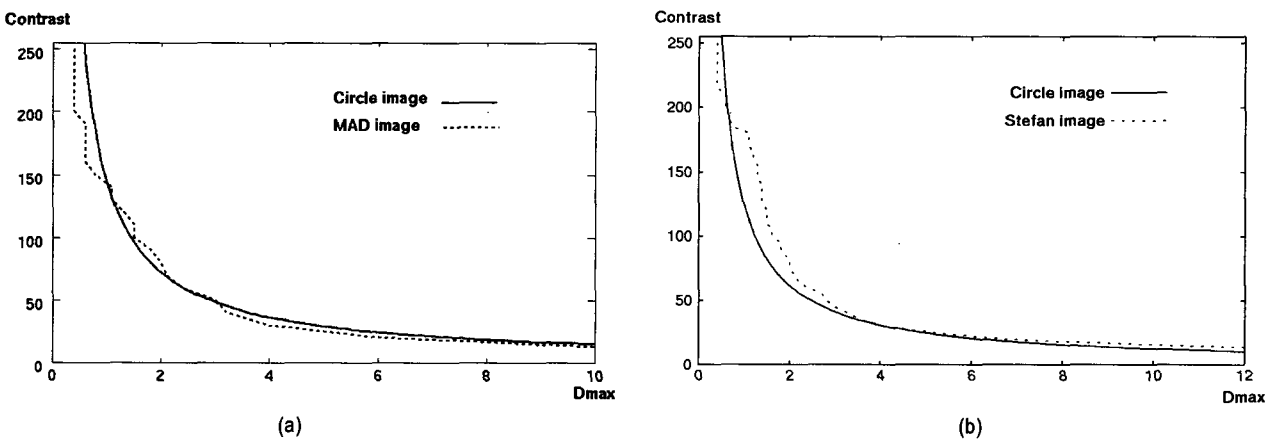


그림 4. 실제 영상에 대한 영역간 대조와  $d_{\max}$  간의 관계곡선: (a) "MAD" ( $E=2 \times 10^4$ ); (b) "Stefan" ( $E=5 \times 10^4$ )  
 Fig. 4.  $C-d_{\max}$  curves for natural images: (a) "MAD" ( $E=2 \times 10^4$ ); (b) "Stefan" ( $E=5 \times 10^4$ )

### IV. 적응적 다각형 근사화 기법

식 (7)을 이용하여 윤곽선 신호를 적응적으로 다각형 근사화 하는 과정은 다음과 같다.

- **step 1:**  $E$ 와  $l$ 의 값을 결정한다. 여기서  $E$ 는 다각형 근사화에서 발생하는 화질의 열화에 대한 값으로서, 윤곽선 영상의 부호화 시에 미리 설정하여 둔다. 그리고  $l$ 은 윤곽선의 길이, 즉, 윤곽선의 화소수를 측정하면 얻어진다.
- **step 2:** 그림 5에 나와 있는 것처럼 전체 윤곽선을 영역들의 연결 상태에 따라 세부적인 윤곽선  $s_{ij}$ 로 나눈다. 즉,

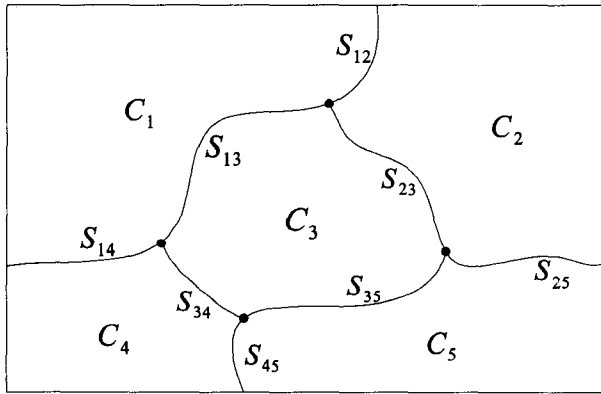


그림 5. 윤곽선 분할  
Fig. 5 Contour partitioning

$$contour = \bigcup_{i,j=1}^k S_{ij} \tag{8}$$

여기서,  $s_{ij}$ 는 영역의 평균 밝기값이 각각  $I_i$ 와  $I_j$ 인  $i$ 번째 및  $j$ 번째 영역 간의 윤곽선 조각(segment)이다.

- **step 3:** 각 윤곽선 segment에 대해  $C_{ij} = |I_i - I_j|$ 를 계산한다.
- **step 4:** 계산된  $C_{ij}$ 에 대응하는  $d_{\max}(C_{ij})$ 의 값을 식 (7)에 의해 계산한다.
- **step 5:**  $d_{\max}(C_{ij})$ 을 값을 사용하여  $S_{ij}$ 를 근사화 한다.

이상의 적응적 근사화 알고리즘은 분할된 각 영역의 내부 화소들이 상수의 밝기로 모형화 된다는 것을 가정하고 있다. 즉,  $S_{ij}$ 상의 어느 윤곽선 화소에서나  $C_{ij}$ 가  $C_{ij} = |I_i - I_j|$ 로 주어지는 일정한 값을 갖는다고 가정하였다. 그러나 실제 영역 기반 분할기에서 분할된 각 영역들은 영역내의 화소 간에도 밝기차가 존재할 수 있으며, 이를 표현하는 방식도 평균 밝기값 대신에 저차원의 다항식이 사용되기도 한다. 이런 경우에는  $S_{ij}$ 상의 모든 윤곽선 화소에서  $C_{ij}$ 가 동일하다는 가정은 부정확할 수 있으며, 위의 알고리즘을 그대로 적용할 수는 없다. 따라서, 이 문제를 해결하기 위한 방안으로는  $C_{ij}$ 의 평균치를 사용하거나 화소 단위의 처리 방식을 이용하여야 한다. 이를 아래에 기술한다.

- **평균 밝기차를 이용하는 방식:** 동일한 영역의 내부 화소들은 매우 유사한 밝기값을 가진다. 그러므로,  $S_{ij}$ 상의 각 윤곽선 화소에서의 영역간 밝기차가 가변적이라고 하더라도 그 변화폭이 매우 작기 때문에 이의 평균값  $\bar{C}_{ij}$ 을 계산하여  $C_{ij}$ 로 사용한다. 즉,

$$\bar{C}_{ij} = \frac{\sum_{(x,y) \in S_{ij}} C_{ij}(x,y)}{\sum_{(x,y) \in S_{ij}} 1} \tag{9}$$

여기서  $C_{ij}(x,y)$ 는 다음식과 같이  $(x,y)$ 위치의 윤곽선 화소에서의 인접 영역간 밝기차이다.

$$C_{ij}(x,y) = |I_i(x,y) - I_j(x,y)| \tag{10}$$

그리고  $I_i(x,y)$ 와  $I_j(x,y)$ 는 각각  $i$ 와  $j$  영역의 밝기 모델에 따라 추정된  $(x,y)$  화소의 밝기값이다.

- **화소 단위의 적응 방식:** 동일한 영역내의 화소들 간에 비교적 큰 밝기 변화가 존재한다면, 화소 단위의 적응 방식이 유

효하다. 모든 윤곽선 화소에 대해 식 (10)에 따라  $C_{ij}(x, y)$  를 계산하고, 이 값에 대응하는  $d_{\max}$  값( $d_{\max}^{C_{ij}(x,y)}$ )과 현재 다각형의 이전 윤곽선 화소까지의 최소  $d_{\max}$  값( $d_{\max}^{prev}$ ) 중에서 작은 값을 현재 윤곽선 화소에서의  $d_{\max}$  로 결정한다. 즉,

$$d_{\max}(x, y) = \min(d_{\max}^{prev}, d_{\max}^{C_{ij}(x,y)}) \quad (11)$$

위의 두 적응 방식 중에서 하나를 선택하는 문제는 영상 분할 단계에서 가정된 영역 밝기 모델을 고려하여 결정되어야 한다. 만약 균일 밝기 모델이 사용되었다면 평균 대조 적응 방식이 충분할 것이며, 다항식모델이 사용되었다면 화소 단위의 적응 방식을 사용하여야 한다.

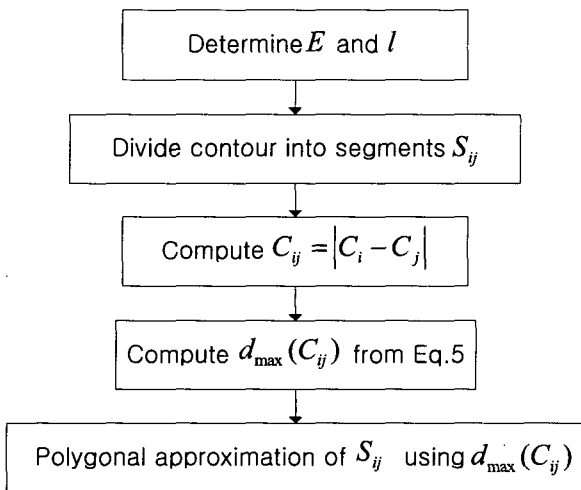


그림 6. 적응적 다각형 근사화 알고리즘

Fig. 6 Algorithm for adaptive polygonal approximation

## V. 성능 평가

기존 방식은 전체 윤곽선을 영역간의 밝기차에 관계없이 고정  $d_{\max}$  로 근사화 하는 반면, 제안된 기법은 영역간의 밝기차에 따라 대응되는  $d_{\max}$  의 값이 비선형적으

로 가변된다. 따라서 기존의 방식에 비해 대조가 큰 영역에서는 정점수가 증가하고 텍스처(texture) 오차는 감소하며, 대조가 낮은 영역에서는 이와 반대의 효과가 나타난다.

이 두 방식간의 성능 비교를 위해 배경과의 밝기차가 1 부터 255까지의 255개 원형 윤곽선을 다각형 근사화 하는 경우를 생각하자. 이러한 경우에 제안된 기법은 각 원마다 그 원과 배경과의 밝기차에 따라 식 (7)로 계산되는  $d_{\max}$  값으로 그 원을 근사화 한다. 이때 필요한 총 정점의 개수  $n_i$ 는 식 (12)와 같다.

$$n_i = \sum_{C=1}^{255} n(C) = \sum_{C=1}^{255} \frac{\pi}{\cos^{-1}(1 - d_{\max}(C)/r)} \quad (12)$$

여기서,  $d_{\max}(C)$ 는 밝기차가  $C$ 일 때의  $d_{\max}$  값을 의미한다. 식 (12)로 계산되는 총 정점의 개수를 원의 개수로 나누면, 기존 기법으로 근사화 하는 경우에 필요한 원당 정점수가 된다. 이러한 방법으로 두 방식에서 소요되는 정점수를 동일하게 한 후, 근사화에 의해 발생하는 텍스처 오차를 계산하면 근사화 성능을 비교할 수 있다. 두 방법에서 발생하는 전체 텍스처 오차의 합은 식 (13) 및 (14)와 같이 계산된다.

$$E_a = 255E \quad (13)$$

$$E_f = \sum_{C=1}^{255} \left[ C\pi r^2 - \frac{n_i C r^2}{510} \sin\left(\frac{510\pi}{n_i}\right) \right] \quad (14)$$

여기서,  $E_a$ 와  $E_f$ 는 각각 적응적 근사화 방식 및 기존 방식에서 발생하는 전체 텍스처 오차의 합이며,  $E$ 는 한 원당 허용된 텍스처 오차의 합이다. 그림 7(a)는  $E_a$  및  $E_f$ 를  $n_i$ 의 함수로 나타낸 것이다. 그림에서 제안된 기법에 의한 근사화가 동일한 개수의 정점을 사용하더라도 기존 기법보다 작은 텍스처 오차를 발생시킴을 알 수 있다. 그림 7(b)는 다음식에 따라 계산된 성능 개선율을 그린 것이다.

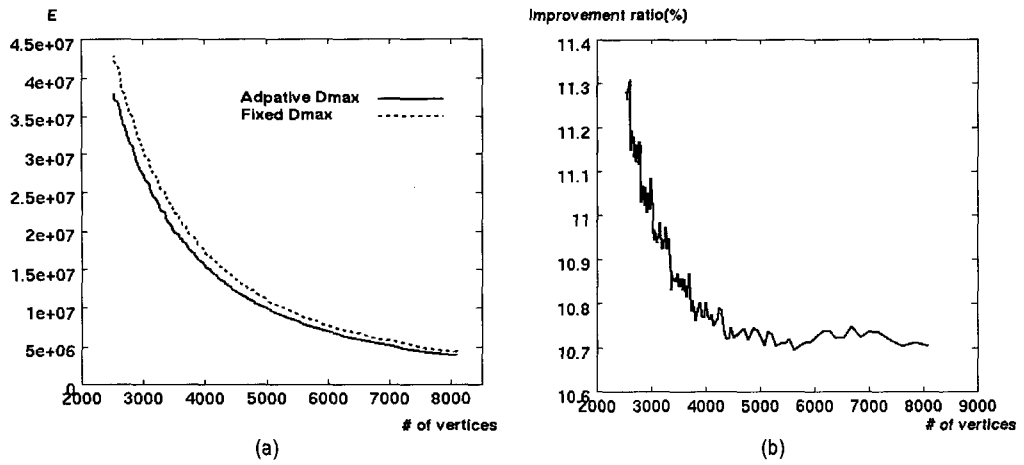


그림 7. 원형 윤곽선에 대한 성능비교(r=80): (a) 율-왜곡 곡선 (b) 향상율  
 Fig. 7 Performance comparison for circular contour(r=80): (a) Rate-distortion curve; (b) Improvement ratio

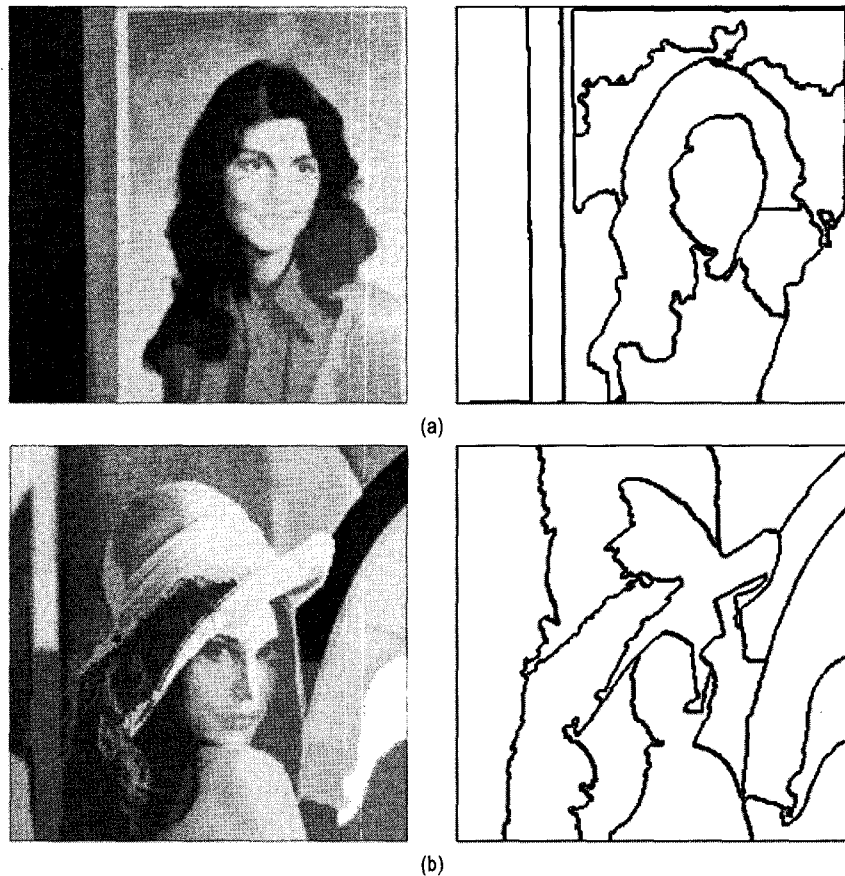


그림 8. 단순화된 밝기영상 및 원형 윤곽선 영상: (a) "Girl 2" (b) "Lena"  
 Fig. 8 Simplified intensity images and original contour images: (a) "Girl 2" (b) "Lena"



$$\text{성능개선율 (improvement ratio)}(\%) = \frac{E_f - E_a}{E_f} \times 100 \quad (15)$$

이 그림으로부터 제안된 적응적 정점 선택 기법이 넓은 비트율에 걸쳐 약 11% 정도의 성능 개선 효과가 있음을 알 수 있다. 이 예제는 윤곽선의 밝기값 차가 1~255 범위에서 항등 분포를 갖는 경우에 해당한다. 일반적 분포를 갖는 경우에 대해서는 실험 영상을 이용한 실험 결과를 통해서 살펴보기로 한다.

실험 영상으로는 256×256 크기의 "girl2" 영상 및 "lena" 영상을 사용하였으며, 각 실험 영상에 대해 참고문헌 [1]의 형태학적 영상 분할 기법을 적용하여 윤곽선 신호를 추출하였다. 그림 8에 단순화 영상 및 분할된 뒤의 윤곽선

영상이 나와있다. 객관적 성능 평가를 위해서 다양한 발생 비트량의 범위에서 율-왜곡 곡선(rate-distortion curve)을 측정하여 사용하였다. 선택된 정점들은 정점들의 상대 위치의 범위에 대한 적응적 표현 방식과 개별 정점들의 8분 각 기반 표현법(octant based representation)을 이용하는 참고문헌[1]의 방식을 사용하여 부호화 하였다. 그림 9에 "girl2" 영상 및 "lena" 영상에 대한 율-왜곡 곡선을 나타내었다. 실선이 제안 기법으로 근사화 한 결과이고, 점선이 기존의 기법으로 근사화 한 경우이다. 그림에서 제안 기법이 모든 rate에서 기존의 기법에 비해 약 10~30% 정도 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있다. 이는  $d_{max}$ 를 고정된 값으로 사용하는 것 보다 영역간의 밝기차에 따라 적응적으로 결정하여 근사화를 행하는 것이 더욱 효과적임을 증명

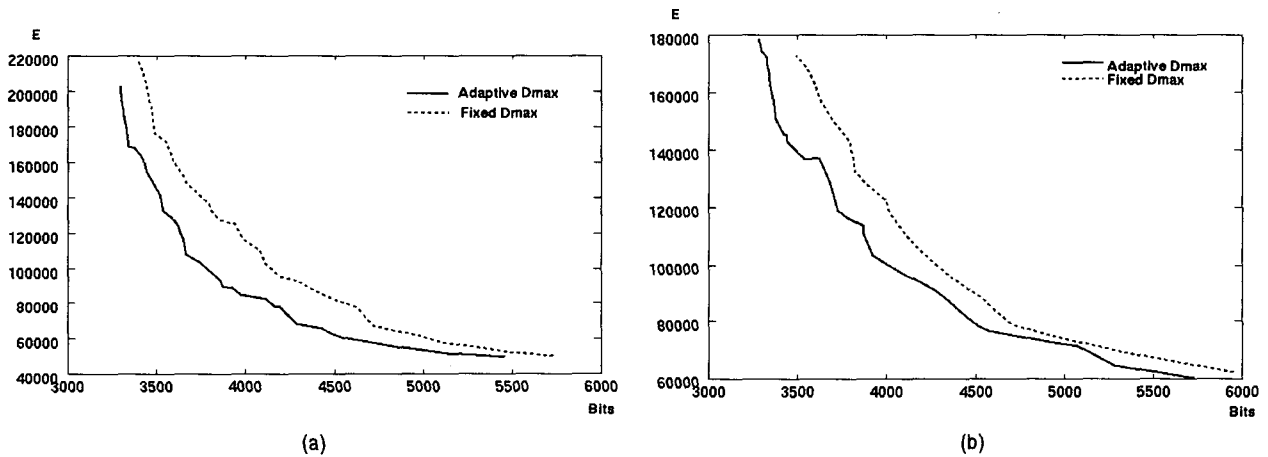


그림 9. 실제 영상에 대한 율-왜곡 곡선: (a) "Girl 2" (b) "Lena"  
 Fig. 9 Rate-distortion curves for natural images: (a) "Girl 2" (b) "Lena"

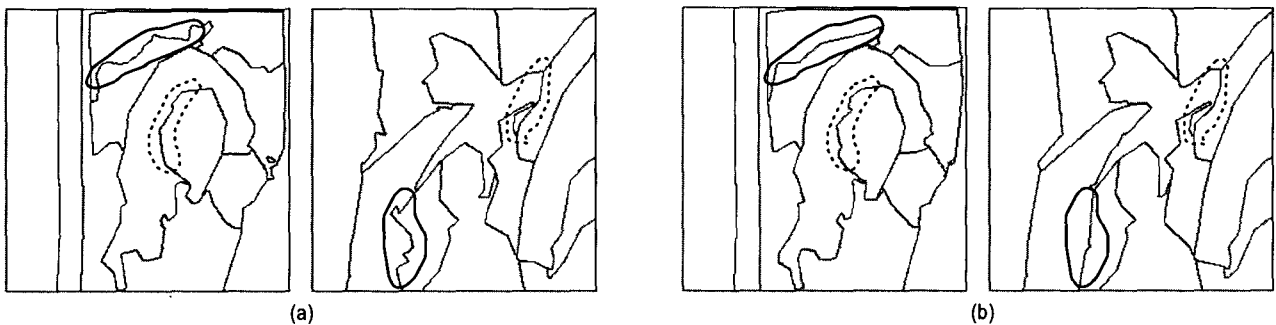


그림 10. 다각형 근사화 결과: (a) 일정한  $d_{max}$ 를 갖는 기존방법 (b) 적응적  $d_{max}$ 를 갖는 제안방법  
 Fig. 10 Results of polygonal approximation: (a) constant  $d_{max}$  (b) adaptive  $d_{max}$

한다.

그림 10은 근사화에 필요한 비트량을 4kbits로 동일하게 유지한 후, 두 방식으로 근사화한 윤곽선 영상의 예이다. 그림에서 알 수 있듯이 제안된 방식은 저대조 부분은 매우 거칠게 근사화된 반면 고대조의 윤곽선은 기존 방법보다 더욱 세밀하게 근사화됨을 알 수 있다. 즉, 비교적 작은 화질 저하가 발생하는 부분에서는 정점 개수를 줄이는 대신, 이를 화질 저하가 크게 발생하는 부분에 사용함으로써 같은 비트량으로 더욱 효과적인 다각형 근사화가 가능함을 알 수 있다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 다각형 기반 윤곽선 부호화기를 위한 적응적 정점 선택 방법을 제안하였다. 윤곽선 신호는 근사화 오차 영역에서 발생하는 색상 오차 신호에 의한 화질 저하 정도에 따라 각 부분이 서로 다른 상대적 중요도를 가진다. 따라서 이를 고려하여 윤곽선 신호의 근사화 정도를 결정하는 것이 타당하다는 것을 살펴보았다. 이러한 관찰을 토대로 영역간 밝기차에 따른  $d_{max}$ 의 결정식을 유도하였으며, 유도된 식을 사용한 적응적 다각형 근사화 알고리즘을 제안하였다. 모의 실험에서 제안된 근사화 방법이 기존 방법에 비해 우수한 성능을 나타내었다.

본 논문에서는 영역간 대조를 밝기 기반 영상 분할을 가정하여 인접 영역간의 밝기차에 근거하여 평가하였으나, 인접 영역간의 움직임 차를 근거로 영역간 대조를 평가함

으로써 움직임 기반 영상 분할기에도 쉽게 제안 기법을 적용할 수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] K. J. O'Connell, "Object-adaptive vertex-based shape coding method," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 7(1), 251-255 (1997).
- [2] F. Bossen and T. Ebrahimi, "Region shape coding," in *ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG95/377*, Dallas, TX, (1995).
- [3] MPEG Video Subgroup, "MPEG-4 Video Verification Model (VM) version 1.0," in *ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 (MPEG) N1172*, (1996).
- [4] C. Y. Choo and H. Freeman, "An efficient technique for compressing chain-coded line drawing images," in *Conf. Rec. Twenty-Sixth Asilomar Conf. Signal, Systems and Comp.*, 2, 717-720 (1992).
- [5] J. W. Chung, J. K. Kim, and J. H. Moon., "Shape information reduction based on contour prediction and shape coding type," in *ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG95/461*, (1995).
- [6] J. L. Kim, J. I. Kim, J. T. Lim, J. H. Kim, H. S. Kim, K. H. Chang, and S. D. Kim, "Daewoo proposal for object scalability," in *ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG 95/554*, (1996).
- [7] M. Lee and W. G. Chen, "Microsoft proposal for MPEG4," in *ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG 95/467*, (1995).
- [8] U. Ramer, "An iterative procedure for the polygon approximation of planar curves," *Computer Graphics: Image Processing*, 1, 244-256 (1972).
- [8] I. Pitas, *Digital Image Processing Algorithms*, NY: Prentice Hall (1993).
- [10] B. J. Yun, S. W. Lee and S. D. Kim, "Vertex adjustment method using geometric constraint for polygon-based shape coding," *Electronics Letters*, 37(12), 754-755 (2001).
- [11] MPEG Video Group, "Description of core experiments on shape coding in MPEG-4 video," *ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N1326*, (1996).

---

 저 자 소 개
 

---



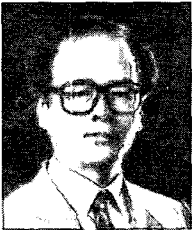
## 최 재 각

- 1980년 3월~1984년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1985년 3월~1987년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업(공학석사)
- 1992년 3월~1997년 8월 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업(공학박사)
- 1987년 2월~1998년 2월 한국전자통신연구원 선임연구원
- 1998년 3월~2001년 8월 경일대학교 제어계측공학과 조교수
- 2001년 9월~현재 : 동의대학교 컴퓨터공학과 부교수
- 주관심분야 : 영상처리, 영상 및 멀티미디어 통신, 워터마킹 등



## 이 시 응

- 1991년2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1993년2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업(공학석사)
- 1997년8월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업(공학박사)
- 1995년5월~2000년3월 : 삼성전자반도체
- 2000년4월~현재 : 한밭대학교 부교수
- 주관심분야 : 영상처리, 영상압축, 컴퓨터비전



## 고 창 립

- 1981년 3월~1988년 2월 : 경북대학교 공과대학 전자공학과 박사
- 1979년 3월~ 현재 : 경일대학교 전자정보통신공학부 교수
- 주관심분야 : 영상처리, 신경망 응용, 임베디드 시스템



## 이 종 국

- 1978년 : 경북대학교 전자공학과(공학사)
- 1988년 : 미국 North Carolina St. University(M.S)
- 1994년 : 미국 Texas A&M University(Ph.D)
- 1995년 3월~현재 : 동의대학교 컴퓨터·소프트웨어공학부 부교수
- 주관심분야 : 병렬처리시스템, 컴퓨터네트워크, 분산시스템