

論文2003-40SP-1-14

비트량-왜곡을 고려한 효율적인 다각형 근사화 기법

(An Efficient Polygonal Approximation Method in the Rate-Distortion Sense)

尹炳珠*, 高綸浩*, 金聖大**

(Byoung ju Yun, Yun ho Ko, and Seong dae Kim)

요 약

본 논문에서는 영상 객체 (object) 의 모양 정보를 효율적으로 부호화 하는 기법을 제안한다. 다각 근사화 기법은 손실 부호화 기법으로써 객체의 모양을 근사화 하는데 가장 널리 사용되고 있다. 제안된 기법은 최대 허용 오차를 만족하면서 정점을 선택할 때 기존의 순환 정점 선택 (IRM: iterated refinement method) 이나 순차적 정점 선택 (PVS: progressive vertex selection) 보다 적은 수의 정점을 선택함으로써 비트량을 줄인다. 기존의 순차적인 정점 선택 기법을 기반으로 하여 새로운 정점 선택 조건을 제안하여 비트량-왜곡면에서 우수한 성능을 가지는 부호화기를 구현하였다. 실험 결과에서 제안된 기법이 기존의 정점 선택 기법들에 비해 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있다.

Abstract

This paper proposes an efficient method for encoding the shape information of the object in the image. The polygonal approximation method is categorized into a lossy coding method and is widely used for approximating object's shape information. The proposed method selects less number of vertices than IRM (iterated refinement method) or PVS (progressive vertex selection) when the maximum distortion is given, so reduces the bit-rates. The proposed method selects the vertices of a polygon with a simple and efficient method considering the rate-distortion sense. We construct the shape information coder, which shows the outstanding performance in the rate-distortion sense, based on the conventional progressive vertex selection method and the new vertex selection condition that we propose in this paper. Simulation results show that the proposed method has better performance than other conventional vertex selection methods in the rate-distortion sense.

Keyword : Shape Information Coding(모양 정보 부호화), Polygonal Approximation(다각 근사화), Progressive Vertex Selection(순차적 정점 선택), Object-based Coding(객체 기반 부호화), MPEG-4

* 正會員, 하이닉스半導體 시스템IC Co. SP Div. MCU 應用設計팀

(MCU Application Design Team, SP Div., System IC Co., Hynix Semiconductor Inc.)

** 正會員, 韓國科學技術院 電子電算學科 電氣 및 電子 工學

(Division of Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering & Computer Science KAIST)

接受日字:2001年2月13日, 수정완료일:2002年11月29日

I. 서 론

영역 기반 (region-based) 부호화 기법^[1]과 객체 기반 (object-based) 부호화 기법^[2]은 모양 정보 부호화 기법을 영상 부호화나 비디오 시퀀스 부호화에 처음으로 도입하였다. 영역 기반 부호화 기법은 정지 영상을 균일한 밝기 값을 가지는 영역으로 분할하고 각 영역 별로 밝기 정보와 모양 정보를 전송한다. 이로써 영역 별로 발생 비트량을 제어 할 수 있게 되었다. 객체 기

반 부호화 기법은 비디오 시퀀스 내에서 같은 움직임 을 갖는 객체를 추출하여 영상을 분할하고 각 객체별 로 부호화 한다. 각 객체는 움직임, 색상 및 모양 정보 를 가지며 이를 부호화하여 하나의 비트 열로 전송하 거나 저장한다.

MPEG-4 표준화^[3] 작업을 통해 모양 정보의 중요성 이 크게 부각되었다. 정방형의 영상 (image) 을 일정한 크기의 블록 단위로 부호화 하는 JPEG, MPEG-1, MPEG-2, H261, H263과 같은 기존의 영상 부호화 표 준들과는 달리 MPEG-4는 임의의 모양을 가지는 비디 오 객체 (VO: video object) 를 전송하는 것을 가능하 게 한 최초의 국제 표준이다. 하나의 객체가 있는 프레 임을 비디오 객체 평면 (VOP; video object plane) 이 라 부르며, 이는 부호화의 기준이 된다. 각 VO의 내용 (texture), 움직임(motion), 모양(shape) 정보는 부호화 되어, 하나의 비트 열로 전송된다. MPEG-4에서 연구 되었던 모양 정보 부호화 기법은 크게 비트맵 기반 (bitmap-based) 기법과 윤곽선 기반 (contour-based) 기법으로 구분된다.

비트맵은 영상내의 관심 있는 영역을 분할한 후 관 심 부분을 '255' 또는 '1'로, 배경 영역을 '0'으로 표현 한 이진 영상이다. 비트맵 기반 부호화 기법을 대표하 는 기법으로는 modified MMR(modified modified relative element address designate)^[4]과 CAE (context-based arithmetic encoding) 기법^[5] 등이 있다.

윤곽선은 객체의 모양을 표현하는 또 다른 정보로써 객체 모양 마스크 (shape mask) 의 외곽선을 표현한다. 윤곽선 기반 부호화 기법으로는 정점 기반 (vertex-based) 부호화 기법^[6-8], 사슬 부호 (chain-code) 를 이 용한 부호화 기법^[9,10], 기준선 기반 (baseline-based) 부 호화 기법^[11] 등이 있다.

MPEG-4 표준의 성능 비교 실험에서 CAE기법이 비 트맵 기반 부호화 기법 중 가장 우수한 성능을 보였고 정점 기반 부호화 기법이 윤곽선 기반 부호화 기법 중 에서 가장 우수한 성능을 보였다. 모양 정보 부호화 용 도구 (tool) 선정에 관한 최종 단계에서는 두 기법이 비 슷한 성능을 보였지만 구현 시 하드웨어 복잡도가 낮 은 CAE 기법이 표준 도구로 선정되었다^[12,13].

MPEG-4 표준화 작업에서 윤곽선 기반 모양 정보 부호화 기법 중 가장 우수한 성능을 보였던 정점 기반 부호화 기법은 물체 인식 분야에서 물체의 특징 (feature)을 표현하는 기법으로 사용되기도 하고^[14], 물

체의 편집, 조작 등이 요구되는 여러 가지 응용에 사용 될 수 있다는 점에서 비트맵 기반 부호화 기법들보다 장점을 가진다고 할 수 있다.

정점 기반 윤곽선 부호화 기법 중 가장 널리 사용되 고 있는 기법은 다각형 근사화 기법이다. 가장 널리 알 려진 다각형 근사화 기법으로는 순환 정점 추출 기법 과 순차적 정점 선택 기법이 있다. 순환 정점 추출 기 법은 D_{max} 가 주어졌을 때 많은 수의 정점을 선택하게 되어 다각형 부호화 시 많은 수의 비트가 필요하게 되 는 단점을 가지고 있다. 순차적 정점 선택 기법은 D_{max} 가 주어졌을 때, 적은 수의 정점을 선택할 수 있 다는 장점이 있다. 하지만 윤곽선에 잡음이 있을 때는 불필요한 정점을 선택하게 되는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 객체와의 근사 정도를 나타내는 척도 인 D_{max} 가 주어졌을 때 이를 만족하면서 비트량-왜곡 측면에서 효율적인 다각형의 정점 선택 기법을 제안한 다. 제안된 기법은 기존의 순차적 정점 선택 기법을 기 반으로 하고, 다각형의 정점 선택 조건으로 새로운 조 건을 제안하여, 적은 비트량을 사용해서 객체를 근사화 할 수 있도록 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 정점 기반 모양 정보 부호화기의 일반적인 구조를 살펴 보고, III 장에서는 모양 정보를 부호화 하는데 필요한 용어와 성능 평가를 위한 왜곡 척도를 정의한다. IV장에서는 기존의 정점 선택 기법에 대해서 살펴보고, V장에서는 제안하는 기법을 설명하고, 실험 결과를 VI장에서 보이 고, VII장에서는 결론을 맺는다.

II. 정점 기반 모양 정보 부호화 기법의 일반적인 구조

정점 기반 모양 정보 부호화기는 전처리부(preproce ssing), 정점 선택부 (vertex selection), 정점 부호화부 (vertex encoding), 근사 복원부 (approximate reconstruction), 복원 방법 부호화부 (reconstruction method encoding), 복원 오차 부호화부 (reconstruction error encoding) 등으로 구성되며, 이의 구성도가 <그 림 1>과 같다^[6].

전처리부에서 입력으로 들어오는 객체의 마스크(이진 알파 평면:binary alpha plane)는 원하지 않는 잡음과 경계(edge)의 지저분한 면을 없애기 위해 공간적인 해

상도를 줄이는 전처리 과정을 거치고, 객체의 윤곽선(contour)이 추출되고, 정점 선택부의 입력인 윤곽선 화소 리스트가 만들어 진다.

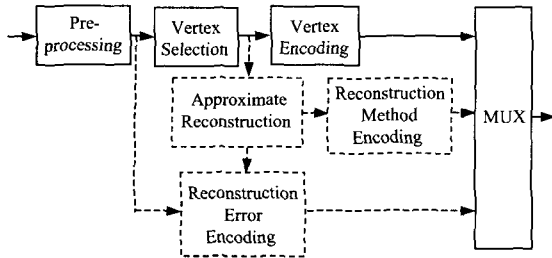


그림 1. 정점 기반 모양 정보 부호화 기법의 블록도
Fig. 1. Block diagram of vertex-based shape encoder.

정점 선택부에서는 윤곽선의 다각 근사화를 결정짓는 정점들이 왜곡 척도나 정점 개수의 한계에 따라 선택된다. 정점 선택 기법으로는 순환 정점 추출 방식과 순차적 정점 선택 기법 등이 있다.

정점 부호화부에서는 초기 정점과 나머지 정점들을 부호화 한다. 초기 좌표는 절대 좌표를 사용하고 나머지 정점들은 순차적으로 정점간의 상대적인 좌표를 사용하여 부호화 한다. 그 대표적인 방법으로는 객체 적응형 정점 부호화 (object-adaptive vertex encoding; OAVE) 방식^[6]과, 정점들을 부호화 하는 대신, 정점들을 이용하여 만든 삼각형들의 무게 중심을 이용하여 부호화 하는 기법^[15]도 있다. <그림 1>의 점선으로 표시된 요소들은 근사화 한 후 원 윤곽선과 근사 직선 사이의 오차를 이산 여현 변환 (discrete sine transform; DST)^[17]나 벡터 양자화 (vector quantization; VQ)^[16]를 이용해 적은 양의 데이터로 부호화 해 주는 방법이다.

기존의 정점 기반 부호화 기법에서 주로 연구가 집중되었던 부분은 정점 부호화에 관한 내용이었다. 본 연구에서는 모양 정보 부호화기의 성능을 향상 시키기 위해 주어진 조건을 만족시키면서 정점의 수를 줄이는 효율적인 다각 근사화 기법에 관한 기법을 제안한다.

III. 오차 척도

모양 정보의 부호화에서 사용하는 왜곡 척도를 정의하기 위해 몇 가지 기호를 정의한다^[12]. $C = \{c_0, \dots, c_{N_c-1}\}$ 는 객체의 윤곽선을 나타낸다. 여기에서 윤곽선

은 닫혀진 (closed) 윤곽선이라고 가정한다 즉, c_0 와 c_{N_c-1} 는 인접한 윤곽선 화소들이다. c_j 는 윤곽선 C 의 j 번째 화소이고 이 윤곽선 화소의 수는 N_c 이다. $V = \{v_0, \dots, v_{N_v-1}\}$ 는 윤곽선 C 를 근사화 하기 위한 근사 다각형의 정점을 나타낸다. v_k 는 k 번째 정점이고 전체 정점의 수는 N_v 이다. k 번째 선분 $\bar{P}_k = \overline{v_{k-1}v_k}$ 는 v_{k-1} 에서 v_k 까지의 직선이고 닫혀진 윤곽선을 근사화 하는 정점의 집합이므로, $\bar{P}_0 = \overline{v_{N_v-1}v_0}$ 이다.

v_{k-1} 과 v_k 를 잇는 선분 \bar{P}_k 는 $(l+1)$ 개의 화소를 가지는 객체의 부분 윤곽선 $\{c_j = v_{k-1}, c_{j+1}, \dots, c_{j+l} = v_k\}$ 을 근사화 한다. 이 선분과 부분 윤곽선 사이의 왜곡을 $d(v_{k-1}, v_k)$ 라고 정의한다. 부분 윤곽선 $\{c_j = v_{k-1}, c_{j+1}, \dots, c_{j+l} = v_k\}$ 과 선분 \bar{P}_k (maximum distance) 사이의 최대 변이는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$d(v_{k-1}, v_k) = \max_{s \in \{c_j = v_{k-1}, c_{j+1}, \dots, c_{j+l} = v_k\}} d'(v_{k-1}, v_k, s) \quad (1)$$

Where,

$$d'(v_{k-1}, v_k, s) = \frac{|(s_x - v_{k-1,x}) \cdot (v_{k,y} - v_{k-1,y}) - (s_y - v_{k-1,y}) \cdot (v_{k,x} - v_{k-1,x})|}{\sqrt{(v_{k,x} - v_{k-1,x})^2 + (v_{k,y} - v_{k-1,y})^2}} \quad (2)$$

여기에서 s 는 부분 윤곽선 $\{c_j = v_{k-1}, c_{j+1}, \dots, c_{j+l} = v_k\}$ 에 속하는 화소이고 s_x 와 s_y 는 각각 s 의 x 와 y 방향 성분, $v_{k,x}$ 는 각각 v_k 의 x 와 y 방향 성분을 나타낸다<그림 2>.

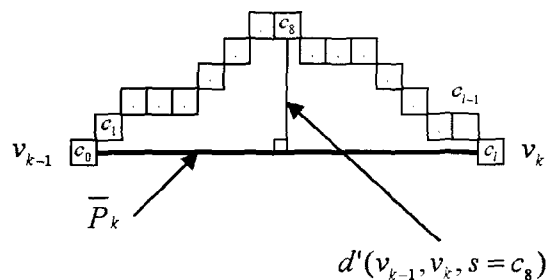


그림 2. 왜곡 척도의 정의
Fig. 2. Definition of error metrics.

또 다른 왜곡 척도는 평균 변이 (mean distance) 로

다음과 같이 정의할 수 있다.

$$d(v_{k-1}, v_k) = \frac{1}{l} \sum_{s \in \{v_{k-1}, v_{k+1}, \dots, v_{N-1}\}} d'(v_{k-1}, v_k, s) \quad (3)$$

지금까지 정의된 두 가지의 왜곡 척도는 하나의 선분 내에서 정의된 값이다. 일반적으로, 우리는 전체 원 윤곽선과 근사 다각형 사이의 오차의 정도에 관심이 있다. 전체 원윤곽선과 근사 다각형 사이의 왜곡은 다음과 같은 두 가지의 방법으로 정의한다.

Class 1:

$$D(v_0, \dots, v_{N-1}) = \max_{k \in \{0, \dots, N-1\}} d(v_{k-1}, v_k), \text{ where } d(v_{-1}, v_0) = 0 \quad (4)$$

Class 2:

$$D(v_0, \dots, v_{N-1}) = \sum_{k=0}^{N-1} d(v_{k-1}, v_k), \text{ where } d(v_{-1}, v_0) = 0 \quad (5)$$

Class 1은 각각의 선분에서 얻어진 왜곡들 중에서 가장 큰 값을 취하는 방법이고, Class 2는 각각의 선분에서 얻어진 왜곡들의 합을 취하는 방법이다. 일반적인 정점 선택 조건으로 사용되는 것은 근사 다각형과 원 윤곽선 사이의 최대 왜곡 (식 (1), (4))이 허용된 오차 (D_{max})보다 크지 않아야 한다는 것이다.

IV. 기존의 정점 선택 기법

정점 기반 모양 정보 부호화 기법에서 원 윤곽선과 근사 다각형 사이의 오차가 주어진 범위 내에 존재하도록 정점을 선택하는 방법에는 순차적 정점 선택 기법과 순환 정점 추출 기법이 있다. 본 절에서는 이 두 기법의 특징에 대해서 살펴본다.

1. 순차적 정점 선택 기법

순차적인 정점 선택 기법은 주어진 윤곽선을 순차적으로 따라가면서 정점을 선택하는 기법이다. 이 기법은 정의에서 보듯이 모든 근사 다각형의 직선과 원 윤곽선 사이의 최대 왜곡이 비슷한 값을 가진다. 이 기법은 주어진 왜곡을 만족하면서 최소의 정점을 선택할 수 있는 기법으로써, 부호화 효율이 높다고 할 수 있다. 정점 선택 과정은 다음과 같다.

- (1) 윤곽선 상의 임의의 한 점을 시작점으로 선택한다.
- (2) 시작점으로부터 윤곽선을 순차적으로 따라가면서 한 점씩 선택한다.

- (3) 시작점과 선택된 점 사이에 직선을 긋는다.
- (4) 이 직선과 두 점 사이에 존재하는 윤곽선 화소들 사이의 거리를 구한다.
- (5) 그 중 최대 거리를 구하고, 그 최대 거리가 주어진 범위 (D_{max}) 보다 크면 바로 이전의 화소를 정점으로 선택한다.
- (6) 정점으로 선택된 화소를 시작점으로 해서 (2) 에서 (5) 까지의 과정을 모든 윤곽선 화소가 탐색 될 때까지 되풀이 한다.

2. 순환 정점 추출 기법

순환적인 정점 선택 기법은 다각형의 직선으로부터 수직 거리가 가장 먼 윤곽선 화소까지의 거리가 주어진 D_{max} 보다 크면 그 점을 다각형의 정점으로 선택하고, 모든 직선으로부터 윤곽선 화소까지의 수직 거리가 D_{max} 보다 작을 때 까지 정점을 삽입하는 방법이다. 이 기법은 곡률이 큰 부분에서 정점이 선택될 확률이 높기 때문에 허용 오차가 큰 경우에도 객체 모양을 유지할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 주어진 왜곡 척도에서 불필요한 정점을 선택하는 경우가 많아서 부호화 효율면에서는 순차적인 정점 선택 기법보다 성능이 떨어지는 단점이 있다. 정점 선택 과정의 순서는 다음과 같다.

- (1) 윤곽선 화소들 중 가장 거리가 먼 두 점을 선택한다.
- (2) 이 두 점을 초기 정점으로 정하고 두 점 사이에 직선을 긋는다.
- (3) 이 직선으로부터 거리가 가장 먼 윤곽선 화소를 선택한다.
- (4) 직선으로부터 이 화소까지의 거리가 D_{max} 보다 크면 이 화소를 정점으로 선택한다.
- (5) 이 점과 미리 정해져 있는 양 옆의 정점들 사이에 직선을 긋는다.
- (6) 모든 윤곽선 점과 근사 직선 사이의 최대 거리가 D_{max} 보다 작아질 때까지 (3) 에서 (5) 까지의 과정을 반복한다.

V. 제안된 정점 선택 기법

앞 장에서 기존의 순차적 정점 선택 기법과 순환 정점 추출 기법에 대해서 살펴 보았다. 순차적인 정점 선택 기법은 주어진 왜곡을 만족하면서 적은 수의 정점

을 선택할 수 있다는 장점이 있지만, 지역적인 윤곽선의 형태에 의존하기 때문에 잡음에 약하다는 단점을 가지고 있다. 반면, 순환 정점 추출 기법은 넓은 범위의 윤곽선의 형태를 고려하기 때문에 잡음에 강하지만, 낮은 허용 오차 범위에서 불필요한 정점을 선택해서 부호화 효율을 떨어뜨리는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서 제안하는 정점 선택 기법은 기존의 두 가지 정점 선택 기법의 장점을 이용하여 잡음에 강하고 주어진 오차 척도를 만족시키면서 적은 수의 정점을 선택하여 비트량을 줄일 수 있는 기법이다. 이 기법은 기존의 순차적 정점 선택 기법을 기반으로 한다. 부호화 효율을 향상시키기 위해 정점 선택 시 새로운 정점 선택 조건을 제안한다.

기존의 순차적인 정점 선택 방법은 <그림 3(a)>에 나타난 것과 같이 윤곽선의 시작점 (c_0) 으로부터 순차적으로 윤곽선 화소를 탐색하다가 가장 먼저 정점 선택 조건을 만족하는 화소를 다각형의 정점으로 선택한다. 화소 c_{10} 에서 부분 윤곽선과 직선 사이의 거리 $d(c_0, c_{10})$ 가 D_{max} 보다 크기 때문에 화소 c_9 를 정점으로 선택하고 이 화소로부터 다시 정점 선택 과정을 시작한다. 마찬가지로 화소 c_{22} 에서 다시 부분 윤곽선과 직선 사이의 거리 $d(c_9, c_{22})$ 가 D_{max} 보다 크기 때문에 화소 c_{21} 을 정점으로 선택한다. 이러한 과정은 마지막 윤곽선 화소를 만날 때 까지 계속 된다. 그림에서 보듯이 기존의 정점 선택 기법에 의해 선택된 정점은 4 개이다.

제안하는 순차적인 정점 선택 방법은 <그림 3(b)>에 나타난 것과 같이 윤곽선의 시작점 (c_9) 으로부터 순차적으로 윤곽선 화소를 탐색하다가 정점 선택 조건을 만족하는 화소 중 이 정점으로부터 윤곽선상에서 가장 거리가 먼 화소를 다각형의 정점으로 선택한다. 기존의 정점 선택 기법에서는 화소 c_9 가 기존의 정점 선택 조건을 만족해서 정점으로 선택되었지만, 제안하는 기법에서는 처음으로 정점 선택 조건을 만족했을 때 그 화소를 정점으로 선택하지 않고 그 이후의 화소에 대해서도 계속 정점 선택 조건을 만족하는 지를 살펴본다. 이와 같이 정점 선택 조건을 살펴보면 화소 ($c_{15}, c_{16}, c_{17}, c_{18}, c_{19}$)가 정점 선택 조건을 만족하는 것을 알 수 있다. 이 여섯 개의 화소 ($c_9, c_{15}, c_{16}, c_{17}, c_{18}, c_{19}$)중 가장 마지막으로 선택된 화소를 정점으로 선택한다. 제안하는 정점 선택 기법을 적용하면 윤곽선을 근사화 하는데 필요한 정점의 수를 3 개로 줄

일 수 있다. 이는 곧 정점을 부호화 하는데 필요한 비트량을 줄일 수 있다는 것을 의미한다.

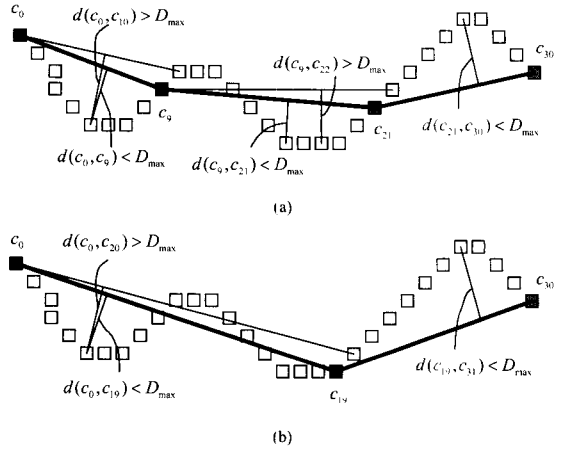


그림 3. 순차적인 정점 선택 방법 (a) 기존의 선택 방법, (b) 제안된 선택 방법

Fig. 3. Progressive vertex selection method (a) conventional selection method, (b) proposed selection method.

제안된 정점 선택 조건을 만족하는 윤곽선 화소를 선택하기 위한 이상적인 방법은 모든 윤곽선을 탐색한 후 조건을 만족하는 화소 중 이전에 선택된 정점으로부터 윤곽선 상에서 거리가 가장 먼 화소를 정점으로 선택하는 것이다. 하지만 이 방법은 계산량이 너무 많아서, 효율적인 탐색 범위를 결정해야 한다. 본 논문에서는 실험적으로 이 탐색 영역을 결정하였다.

탐색 범위를 결정하기 위해 이상적인 방법으로 정점을 선택한 후 (<그림 4>, 화소 c_{19}) 이전에 선택된 정점 (<그림 4>, 화소 c_0) 과 두 정점 사이에 존재하는 각각의 윤곽선 화소들 (<그림 4>, 화소 $c_1 \sim c_{18}$)로 만들어진 직선 (<그림 4>, 직선 $\overline{c_0, c_{12}}$) 과 그 두 점 사이에 존재하는 윤곽선 화소들 간의 최대 거리를 이용해서 탐색 범위를 결정하는데 사용하였다.

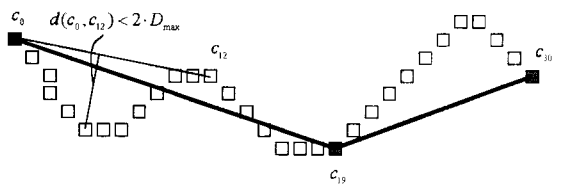


그림 4. 정점 탐색 범위
Fig. 4. Vertex searching range.

<표 1>은 3장의 'Stefan' 영상을 대상으로 D_{max} 변화에 따라서 근사 다각형의 각 변과 윤곽선 사이의 최대 거리 값들의 분포를 나타낸 것이다. 표에서 보듯이 이상적인 방법으로 정점을 선택했을 때 이전 정점과 현재 선택된 정점 사이의 임의의 화소를 이용해서 만든 직선과 이 직선이 근사하는 부분 윤곽선 사이의 최대 거리는 주어진 D_{max} 의 2배를 넘지 않음을 알 수 있다. 이는 정점 선택을 위해 근사 직선과 부분 윤곽선 사이의 최대거리가 $2 \cdot D_{max}$ 값을 넘으면 탐색을 마치고 정점 선택 조건을 만족하는 화소를 정점으로 선택하면 된다는 것이다. 그러므로 제안된 기법에서는 탐색 범위를 직선으로부터 윤곽선까지의 최대 거리가 주어진 D_{max} 의 2배까지 제한하였다. 탐색 범위를 제한함으로써 정점 선택에 필요한 계산량을 줄일 수 있다.

표 1. 변화에 따른 최대 오차의 분포
Table 1. Distribution of the maximum distortion with.

D_{max} 최대오차	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
0 ~ 0.5	3	3	1	1	0
0.5 ~ 1.0	97	10	1	0	0
1.0 ~ 1.5	40	74	7	0	0
1.5 ~ 2.0	1	17	58	9	0
2.0 ~ 2.5	0	3	13	46	13
2.5 ~ 3.0	0	0	4	9	32
3.0 ~ 3.5	0	0	0	3	9
3.5 ~ 4.0	0	0	0	2	2
4.0 ~ 4.5	0	0	0	0	1
4.5 ~ 5.0	0	0	0	0	0
5.0 ~ 5.5	0	0	0	0	1
5.5 ~ 6.0	0	0	0	0	0

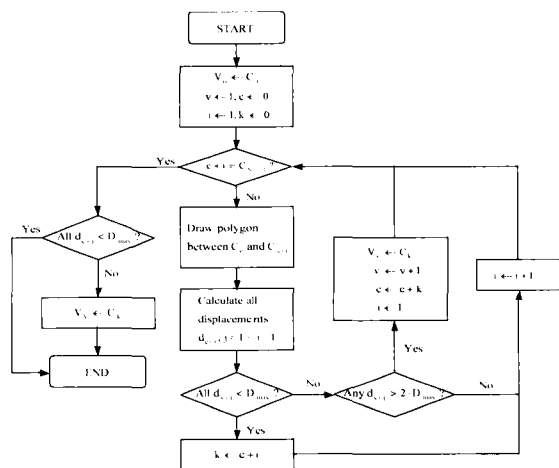


그림 5. 제안된 순차적 정점 선택 기법의 흐름도
Fig. 5. Flow chart of proposed progressive vertex selection method.

<그림 5>는 제안된 정점 선택 기법의 흐름도이다. 다각형의 한 변과 윤곽선까지의 최대 오차가 D_{max} 를 넘었을 때 그 이전의 화소를 정점으로 선택하지 않고 계속 탐색하다가 최대 오차가 $2 \cdot D_{max}$ 를 넘으면 정점을 선택하는 것이 기존의 순차적 정점 선택 기법과의 차이점이다.

VI. 모의실험 및 고찰

1. 실험 환경

정점 기반 모양 부호화 기법에서 정점 선택의 성능을 비교하기 위해 모의 실험을 하였다. 특히, 순차적 정점 선택 기법, 순환 정점 추출 기법, 그리고 본 논문에서 제안된 정점 선택 기법들의 성능을 비교하였다. 모의 실험에 사용된 영상 시퀀스는 각 10장의 'Children' (352×288) 영상과 'Stefan' (352×240) 영상이다. D_{max} 값은 1.0, 1.5, ..., 3.0까지 사용하였다. 여기서 D_{max} 는 원 윤곽선과 근사 다각형 사이의 최대 오차 거리를 나타내며, D_{max} 가 주어졌을 때 선택되는 정점의 개수와 이 정점의 부호화에 필요한 비트 수를 비교하고 복원 영상을 이용하여 제안된 기법의 성능을 평가하였다. 이 비트 수는 초기 좌표를 부호화 하기 위한 절대 좌표에 대한 비트를 제외하고 나머지 정점들을 부호화 하는데 필요한 비트 수를 나타낸다. 모의 실험에서 정점의 부호화 기법은 정점 간의 상대적 좌표를 엔트로피 (entropy) 코딩을 이용하여 부호화하였다.

2. 실험 결과

<표 2>와 <표 3>은 각 10장의 'Stefan' 영상과 'Children' 영상에 대해서 기존의 정점 선택 기법들의

표 2. 기존의 정점 선택 기법에서의 D_{max} 변화에 따른 정점의 수, 발생 비트량 비교 (10장의 'Stefan' 영상의 평균)

Table 2. Comparison of number of vertices and bits of conventional vertex selection methods with D_{max} (Average of 10 'Stefan' images).

D_{max}	Average of 10 Stefan images					
	PVS		IRM		정점수 감축 (%)	비트량 감축 (%)
	정점수	비트량	정점수	비트량		
1.0	46.0	440.4	51.2	482.9	10.2	8.8
1.5	36.6	365.9	41.4	409.7	11.6	10.7
2.0	29.0	302.5	34.0	347.7	14.7	13.0
2.5	25.5	269.2	29.8	312.0	14.4	13.7
3.0	21.9	234.3	26.0	276.4	15.8	15.2

성능을 비교한 표이다. 순차적 정점 선택 기법과 순환적 정점 선택 기법간의 D_{max} 변화에 따른 정점의 수와 비트량의 비교를 나타낸다. 순차적 정점 선택 기법이 순환 정점 추출 기법보다 정점의 수는 약 10~20% 정도 작고, 비트량은 9~20% 감소함을 알 수 있다. 순차적 정점 선택 기법이 부호화 효율면에서 순환 정점 추출 기법보다 성능이 우수함을 알 수 있다.

표 3. 기존의 정점 선택 기법에서의 D_{max} 변화에 따른 정점의 수, 발생 비트량 비교(10장의 'Children' 영상의 평균)

Table 3. Comparison of number of vertices and bits of conventional vertex selection methods with D_{max} (Average of 10 'Children' images).

Average of 10 'Children' images						
D_{max}	PVS		IRM		정점수 감축 (%)	비트량 감축 (%)
	정점수	비트량	정점수	비트량		
1.0	110.0	996.6	121.9	1088.6	9.8	8.5
1.5	81.5	779.6	90.9	863.9	10.3	9.8
2.0	63.1	616.8	73.2	715.1	13.8	13.7
2.5	55.3	550.2	64.3	641.7	14.0	14.3
3.0	45.0	451.5	56.0	565.5	19.6	20.2

<표 4>와 <표 5>는 각각 10장의 'Stefan' 영상과 'Children' 영상에 대해서 제안된 정점 선택 기법과 기존의 순차적 정점 선택 기법의 성능을 비교한 표이다. 제안된 기법이 기존의 순차적 정점 선택 기법보다 정점의 수는 약 7~18% 정도 작고, 비트량도 약 6~17% 정도 감소함을 알 수 있다. 새로운 정점 선택 조건을 제시하여 주어진 허용 오차를 만족하면서 부호화 효율을 향상시켰다. <그림 6>의 (a)와 (b)는 'Stefan' 영상에서 제안된 기법과 기존의 순차적 정점 선택 기법에 의해 근사화 된 영상을 D_{max} 변화에 따라 보인 것이다. D_{max} 가 작은 경우 ($D_{max}=1.0, 2.0$)에는 주관적 화질의 열화가 거의 없음을 알 수 있고, $D_{max}=3.0$ 인 경

표 4. D_{max} 변화에 따른 정점의 수, 발생 비트량 비교 (제안된 기법과 순차적 기법)

Table 4. Comparison of number of vertices and bits with D_{max} (proposed and progressive methods).

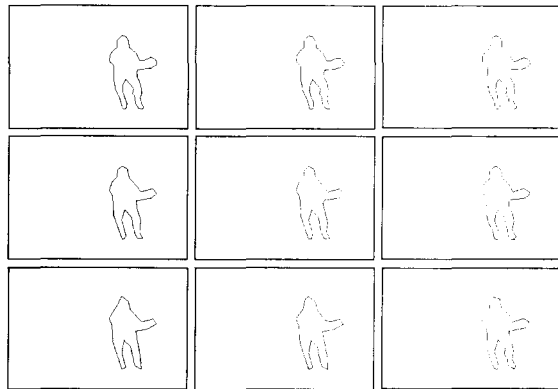
Average of 10 'Stefan' images						
D_{max}	Proposed		PVS		정점수 감축 (%)	비트량 감축 (%)
	정점수	비트량	정점수	비트량		
1.0	42.6	416.2	46.0	440.4	7.4	5.5
1.5	32.0	331.3	36.6	365.9	12.6	9.5
2.0	26.2	275.4	29.0	302.5	9.7	9.0
2.5	22.1	239.3	25.5	269.2	13.3	11.1
3.0	19.2	207.4	21.9	234.3	12.3	11.5

우에는 머리와 어깨부분에 약간의 주관적 화질의 열화가 약간 보인다. 하지만 기존의 순차적 선택 기법에 비해 복원 영상의 주관적 화질을 거의 같은 수준으로 유지하면서 비트량을 감소할 수 있음을 볼 수 있다.

표 5. D_{max} 변화에 따른 정점의 수, 발생 비트량 비교 (제안된 기법과 순차적 기법)

Table 5. Comparison of number of vertices and bits with D_{max} (proposed and progressive methods).

Average of 10 'Children' images						
D_{max}	Proposed		PVS		정점수 감축 (%)	비트량 감축 (%)
	정점수	비트량	정점수	비트량		
1.0	97.6	912.7	110.0	996.6	11.3	8.4
1.5	71.0	694.0	81.5	779.6	12.9	11.0
2.0	56.3	556.8	63.1	616.8	10.8	9.7
2.5	45.1	455.4	55.3	550.2	18.4	17.2
3.0	39.2	388.4	45.0	451.5	12.9	14.0



(a) (b) (c)

그림 6. 복원 영상 (a) 제안된 정점 선택 기법, (b) 순차적 정점 선택 기법 (c) 순환적 정점 선택 기법(위에서부터 아래로 $D_{max}=1.0, 2.0, 3.0$)

Fig. 6. Reconstructed image (a) Proposed method, (b) Progressive method, and (c) Iterated method. (Top to bottom $D_{max}=1.0, 2.0, 3.0$)

'Children' 영상에 대해서 제안된 정점 선택 기법과 순환적 정점 추출 방식의 성능을 비교한 결과가 <표 6>에 나타나 있다. 제안된 기법이 기존의 순환적 정점 추출 기법에 비해 정점 수는 20~30% 정도 작고, 비트량도 약 16~31% 정도 감소되었다. <그림 6>의 (a)와 (c)에서 보듯이 D_{max} 가 증가함에 따라 제안된 기법이 기존의 순환적 정점 추출 기법에 비해 주관적 화질은 약간 떨어지는 문제점이 있지만 정점 선택 시 정점의 수를 감소 시켜 정점 부호화에 필요한 비트를 줄이고, 이 비트를 다각형과 원 윤곽선 사이의 오차를 벡터

양자화 (vector quantization; VQ)나 이산 역현 변환 (discrete sine transform; DST)을 사용하여 부호화 하는데 사용하면 주관적 화질을 향상 시킬 수 있고, 비트열 신축성 (bitstream scalability) 과 같은 새로운 기능을 제공할 수 있는 장점을 가진다.

표 6. D_{max} 변화에 따른 정점의 수, 발생 비트량 비교 (제안된 기법과 순환적 기법)

Table 6. Comparison of number of vertices and bits with D_{max} (proposed and iterated methods)

D_{max}	Average of 10 'Children' images					
	Proposed		IRM		정점수 감축 (%)	비트량 감축 (%)
	정점수	비트량	정점수	비트량		
1.0	97.6	912.7	121.9	1086.6	19.9	16.2
1.5	71.0	694.0	90.9	863.9	21.9	19.7
2.0	56.3	556.8	73.2	715.1	23.1	22.1
2.5	45.1	455.4	64.3	641.7	29.9	29.0
3.0	39.2	388.4	56.0	565.5	30.0	31.3

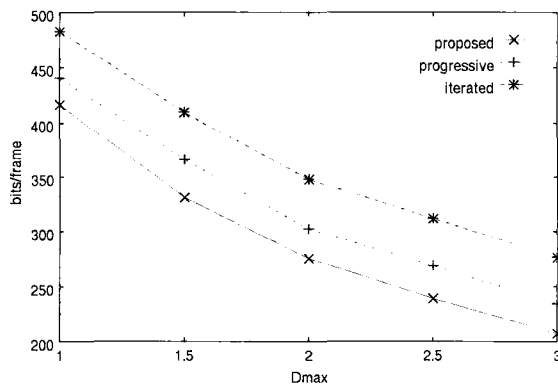


그림 7. 정점 선택 기법의 비트량-왜곡 특성 그래프 ('Stefan' 영상)

Fig. 7. Rate-distortion graph of vertex selection methods ('Stefan' image).

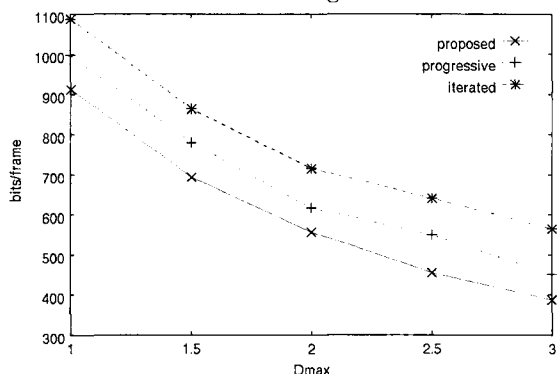


그림 8. 정점 선택 기법의 비트량-왜곡 특성 그래프 ('Children' 영상)

Fig. 8. Rate-distortion graph of vertex selection methods ('Children' image).

<그림 7>과 <그림 8>은 각각 'Stefan' 영상과 'Children' 영상에서 제안된 정점 선택 기법과 순차적 정점 선택 기법과 순환적 정점 추출 기법의 성능을 비트량-왜곡 특성을 나타내는 그래프이다. 제안된 정점 선택 기법이 순차적 정점 선택 기법보다는 약 6~17%, 순환적 정점 추출 기법보다는 8~31% 정도의 부호화 효율이 우수함을 알 수 있다.

VII. 결론 및 향후 과제

다각형은 객체의 모양 정보를 근사적으로 표현하는데 가장 널리 사용되고 있다. 본 논문에서는 다각형의 정점을 효율적으로 선택하는 기법을 제안하였다. 이 기법은 기존의 순차적 정점 선택 기법을 기반으로 하고, 정점 선택 시 탐색 영역을 넓혀서 정점 선택 조건인 D_{max} 를 만족시키는 정점을 이전에 선택된 정점으로부터 윤표선상에서 가장 멀리 떨어져 있는 점으로 선택함으로써 비트율-왜곡 면에서 성능을 향상시켰다.

객체의 모양 정보를 부호화 할 때 가장 많이 사용되는 왜곡 척도는 D_{max} 이다. 이는 윤표선과 근사 다각형 사이의 최대 허용오차를 나타내는 값이다. 제안된 기법은 주어진 D_{max} 를 만족하면서 적은 비트량이 요구되는 다각 근사화 기법으로써 기존의 순차적 정점 선택 기법보다 6~17%의 비트량을 감축했고, 순환 정점 추출 기법 보다는 8~31%의 비트량을 감축했다. 하지만 제안된 기법은 기존의 순차적 정점 선택 기법에 비해 윤표선 화소를 탐색하는 횟수가 증가하여 계산량이 문제점이 있다.

정점의 수가 줄어들었으므로 비트량은 감소하였지만, 상대적으로 주관적 화질의 열화가 생긴다는 단점이 있지만, 감축된 비트량은 VQ나 DST등을 이용하여 오차 신호의 부호화에 사용될 수 있어서 주관적 화질의 개선뿐만 아니라 비트열 신축성과 같은 기능을 제공하는 장점을 가질 수 있다.

또한 제안된 기법은 높은 부호화 효율을 가지는 반면, 객체의 특징을 잘 표현하는 큰 곡률값을 가지는 점을 다각형의 정점으로 선택하는 확률이 낮다. 이러한 문제를 보완하기 위해서 현재 계층적 정점 선택 방법에 대한 연구를 진행중이다. 첫 번째 단계에서는 큰 곡률값을 가지는 윤표선 상의 점들을 초기 정점으로 선택하고, 두 번째 단계에서는 초기 정점들 간의 윤표선 구간을 본 논문에서 제안한 정점 선택 기법을 이용하

여 정점을 선택하는 기법이다. 계층 구조의 정점 선택 기법은 제안된 정점 선택 기법이 가지는 문제점을 해결 할 수 있으리라 예상된다.

제안된 기법은 MPEG-7이나, 패턴인식 분야에서 데이터 베이스를 구축하는데 효율적으로 사용될 수 있을 것으로 보인다.

참 고 문 헌

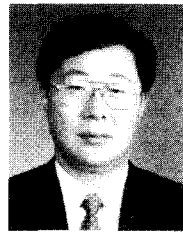
- [1] M. Kunt, A. Ikononopoulos, and M. Kocher, "Second-generation image-coding techniques," *Proc. Of The IEEE*, Vol. 73, No. 4, pp. 549~574, Apr. 1985.
- [2] H. G. Musmann, M. , and J. Ostermann, "Object-oriented analysis-synthetic coding of moving objects," *Signal Processing: Image Communication*, Vol. 1, pp. 117~138, 1989.
- [3] R. Koenen, Ed., "Overview of the MPEG-4 standard", ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11/ N1730, July 1997.
- [4] N. Yamaguchi, T. Ida, and T. Watanabe, "A binary shape coding method using modified MMR," *Proc. ICIP 97*, Vol. 1, pp. 504~507, 1997.
- [5] N. Brady, F. Bossen, and N. Murphy, "Context-based arithmetic encoding of 2D shape sequences," *Proc. ICIP 97*, Vol. 1, pp. 29~32, 1997.
- [6] Kevin J. O'Connell, "Object-adaptive vertex-based coding method," *IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 7, No. 1, pp. 251~255, Feb. 1997.
- [7] Guido M. Schuster and Aggelos K. Katsaggelos, "An optimal lossy segmentation encoding scheme," *Proc. VCIP 96*, Vol. 3, pp. 1050~1062, 1996.
- [8] MPEG Video Group, "Description of core experiments on shape coding in MPEG-4 video", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N1326, Tampere, July 1996.
- [9] M. Eden and M. Kocher, "On the performance of a contour coding algorithm in the context of image coding Part I: Contour Segment Coding," *Signal Processing*, Vol. 8, No. 4, pp. 381~386, July 1985.
- [10] S. D. Kim, J. H. Lee, and J. K. Kim, "A new chain-coding algorithm for binary images using run-length codes," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, No. 41, pp. 114~128, 1988.
- [11] S. H. Lee, D. S. Cho, Y. S. Cho, S. H. Son, E. S. Jang, J. S. Shin, and Y. S. Seo, "Binary shape coding using baseline-based method," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 9, No. 1, pp. 44~58, Feb. 1999.
- [12] Aggelos K. Katsaggelos, L. P. Kondi, F. W. Meier, J. Ostermann, and G. M. Schuster, "MPEG-4 and rate-distortion-based shape-coding techniques," *Proc. of the IEEE*, Vol. 86, No. 6, pp. 1126~1154, June 1998.
- [13] J. Ostermann, E. S. Jang, J. S. Shin, and T. Chen, "Coding of arbitrarily shaped video objects in MPEG-4," *Proc. ICIP 97*, Vol. 1, pp. 496~499, 1997.
- [14] Nirwan Ansari, and Kuo-Wei Huang, "Non-parametric dominant point detection," *Pattern Recognition*, Vol. 24, No. 9, pp. 849~862, Sep. 1991.
- [15] Byoung Ju Yun, Jong Won Yi, and Seong Dae Kim, "A new vertex coding scheme using the center of the gravity of a Triangle," *EUSIPCO 2000*, Tampere, Finland, 4 Sep. 2000.
- [16] B. J. Yun, S. W. Lee, J. G. Choi, and S. D. Kim, "Interframe contour coding algorithm based on vector quantization," *Proc. of Image Processing and Image Understanding*, pp. 179~184, Jan. 1996.
- [17] J. H. Kim, J. L. Kim, C. S. Park, H. M. Jung, and H. S. Kim, "Contour coding using DST (discrete sine transform)," *Proc. International Workshop on Coding Techniques for Very Low Bit-rate Video*, Tokyo, paper No. C-1, Nov. 1995.

저 자 소 개



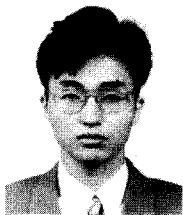
尹炳珠(正會員)

1993년 경북대학교 전자공학과 졸업 (공학사). 1996년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업 (공학석사). 2002년 한국과학기술원 전자전산학과 (전기 및 전자공학 전공) 졸업 (공학박사). 1996년~현재 하이닉스 반도체 시스템 IC 사업부 선임 연구원. <주관심분야 : 영상신호처리, MPEG-4, 객체기반 영상 부호화, 객체 모양 정보 부호화 등>



金聖大(正會員)

1977년 서울대학교 전자공학과 졸업 (공학사). 1979년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업 (공학석사). 1983년 프랑스 INPT ENSEEIHT 졸업 (공학박사). 1984년~현재 한국과학기술원 전자전산학과 (전기 및 전자공학 전공) 교수. <주관심분야 : 영상처리, 영상통신, 컴퓨터 비전, VLSI 구현 등>



高 綸 浩(正會員)

1995년 부산대학교 전자공학과 졸업 (공학사). 1997년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업 (공학석사). 2002년 한국과학기술원 전자전산학과 (전기 및 전자공학 전공) 졸업 (공학박사). 2002년~현재 하이닉스 반도체 시스템 IC 사업부 선임 연구원. <주관심분야 : 영상신호처리, MPEG-4, 영상시스템, 워터마킹 등>