

곡률 정보를 이용한 정점 선택 기법

윤병주, 이시웅*, 강현수**, 김성대***

경북대학교 정보통신학과

*한밭대학교 정보통신컴퓨터학부

**중앙대학교 첨단영상대학원

***한국과학기술원 전자전산학과

Vertex Selection method using curvature information

Byoung-Ju Yun, Si-Woong Lee*, Hyun-Soo Kang **and Seong-Dae Kim***

Department of Information and Communication, Kyungpook National University

*Division of Information Communication and Computer Engineering, Hanbat National University

**Graduate school of AIM, Chung-Ang University

***Department of Electrical Engineering and Computer Science, KAIST

E-mail: bjisyun@ee.knu.ac.kr

Abstract

The current paper proposes a new vertex selection scheme for polygon-based contour coding. To efficiently characterize the shape of an object, we incorporate the curvature information in addition to the conventional maximum distance criterion in vertex selection process. The proposed method consists of "two-step procedure." At first, contour pixels of high curvature value are selected as *key* vertices based on the curvature scale space (CSS), thereby dividing an overall contour into several contour-segments. Each segment is considered as an open contour whose end points are two consecutive key vertices and is processed independently. In the second step, vertices for each contour segment are selected using progressive vertex selection (PVS) method in order to obtain minimum number of vertices under the given maximum distance criterion (D_{max}^*). Experimental results are presented to compare the approximation performances of the proposed and conventional methods.

I. 서론

MPEG-4 는 임의의 모양을 가지는 비디오 객체 (VO's: video objects)의 전송을 가능하게 한 최초의 국제 표준이다[1]. MPEG-4 는 하나의 비디오 객체의 움직임 (motion), 질감(texture), 모양(shape) 정보를 하나의 비트 열(bit-stream)로 전송한다. MPEG-4 표준화 작업을 통해 객체의 모양 정보의 중요성이 인식되었다. 또한, 모양 정보는 영상의 색상, 질감 및 객체의 움직임 정보들과 함께 MPEG-7 에서 객체를 기술하는 표현자(Descriptor)로 사용되고 있다. 이와 같은 여러 가지 응용에서 사용

되는 모양 정보를 효율적으로 부호화하는 것이 중요한 문제가 되고 있고, 많은 연구가 이루어지고 있다 [2][3].

본 논문에서는 객체의 모양 정보 부호화 기법 중 윤곽선 기반 부호화 기법에서 주어진 최대 허용 오차를 만족하면서 적은 수의 정점을 가지는 다각형으로 근사 오차를 최소화하는 새로운 정점 선택 기법을 제안한다. 제안된 기법은 두 단계로 구성된다. 첫 번째 단계에서는 곡률의 절대값이 최대가 되는 윤곽선 상의 점들을 CSS(curvature scale space) [4]를 사용하여 선택하고, 이를 키 정점(key vertex)이라고 한다. 윤곽선 상의 높은 곡률을 가지는 점들은 현저 점(dominant point) 또는 모서리 점(corner point) 이라고 한다. 이러한 점들은 객체의 모양의 풍부한 정보를 가지고 있고, 모양을 특징짓는 중요한 역할을 하고, 컴퓨터 비전, 물체 인식 등의 분야에서 많은 연구가 이루어졌지만, 부호화 분야에서는 전혀 고려되지 않았다. 부호화 측면에서도 이러한 점들이 근사 오차를 줄이기 위한 중요한 점들이라는 사실을 본 논문에서 살펴본다. 키 정점들은 원 윤곽선을 여러 개의 부분 윤곽선(contour segment)들로 나눈다. 제안된 기법에서는 각 부분 윤곽선을 인접한 두 키 정점들을 끝점으로 가지는 열린 윤곽선(open contour)으로 생각한다. 두 번째 단계에서는 각 부분 윤곽선을 순차적 정점 선택 기법을 이용하여 근사화 한다. 순차적 정점 선택 기법을 사용한 이유는 이 기법이 주어진 최대 오차를 만족시키면서 최소의 정점을 선택하기 때문이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 연구 배경을 설명하고, 3 장에서는 제안된 2 단계 정점 선택 기법에 대해 설명한다. 넓은 범위의 비트량-왜곡 특성 곡선에서 제안된 정점 선택 기법의 향상된 부호화 효율을 4 장에서 실험 결과로 보이고, 5 장에서는 결론을 맺는다.

II. 연구 배경

2.1 기존의 정점 선택 기법 및 문제점

정점 기반 모양 정보 부호화 기법의 일반적인 구조는 그림 1 과 같다 [2]. 입력으로 들어오는 객체의 마스크(이진 알파 평면: binary alpha plane)는 원하지 않는 잡음과 경계(edge)의 지저분한 면을 없애기 위해 공간적인 해상도를 줄이는 전처리 과정을 거치게 된다. 그 다음, 객체의 윤곽선(contour)이 결정되고, 정점 선택(vertex selection) 단계에서는 윤곽선의 다각 근사화를 결정짓는 정점들이 왜곡 척도나 정점 개수의 한계에 따라 선택되고, 마지막으로, 정점 부호화(vertex encoding) 단계에서는 각 근사 다각형의 정점들이 부호화된다. 그림 1 의 점선으로 표시된 요소들은 근사화 한 후 원 윤곽선과 근사 직선 사이의 오차를 적은 양의 데이터로 부호화하는 방법이다.

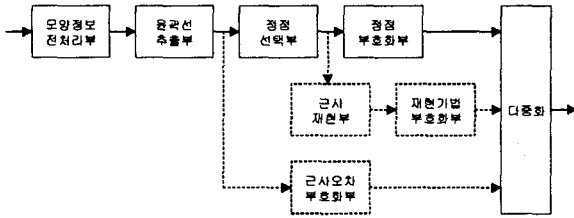


그림 1. 정점 기반 모양 정보 부호화 기법

기존에 널리 사용되고 있는 다각형 근사를 위한 정점 선택 기법은 순차적 정점 선택 기법(PVS: progressive vertex selection) [5] 과 순환 선택 기법(IRM: iterated refinement method) [6] 등이 있다. 순차적 정점 선택 기법은 다각형의 정점을 순차적인 탐색으로 결정한다. 순차적 정점 선택 기법은 초기 정점으로부터 윤곽선을 탐색하면서 이전 정점과 현재 윤곽선 화소를 잇는 직선과 이 부분의 윤곽선 사이의 최대 거리(d_p)와 주어진 최대 허용 오차(D_{max}^*)의 크기를 비교한다. 만약 d_p 가 D_{max}^* 보다 크면 바로 이전 화소를 다각형의 정점으로 선택하고, 이 정점으로부터 다시 이 과정을 되풀이한다.

순차적 정점 선택 기법은 주어진 최대 허용 오차를 만족하면서 가장 적은 수의 정점을 선택하여, 부호화 비트량을 줄일 수 있지만, 원 윤곽선과 다각형 사이의 오차 면적이 비교적 크다는 단점이 있다. 반면 순환적 정점 선택 기법은 다각형의 정점을 순환적인 방법을 통해 결정한다. 다각형 근사화 기법은 윤곽선 상에 거리가 가장 먼 두 점을 초기 정점으로부터 수행된다. 다각형과 거리가 가장 먼 윤곽선 상의 점이 다각형의 정점으로 삽입되고, 새로운 다각형이 만들어진다. 다각형과 윤곽선 사이의 최대 오차가 D_{max}^* 보다 작아질 때까지 반복된다. 정점 선택 조건에 의해 곡률이 큰 점들이 다각형의 정점으로 선택될 확률이 높고, 오차 영역이 작아질 수 있지만, 많은 수의 정점이 선택된다는 단점을 가지고 있다.

2.2 곡률이 큰 점이 부호화 효율에 미치는 영향

그림 2 (a)는 순차적 정점 선택 기법에 의해 결정된 다각형의 한 예를 보여준다. 굵은 선은 객체의 윤곽선이고, 가는 선은 근사 다각형이다. 그림에서 볼 수 있듯이 대부분의 다각형의 정점이 윤곽선의 부드러운 부분에 존재하게 되고, 다각형의 각 변은 높은 곡률의 윤곽선을 근사하기 때문에 앞에서 언급한 두 가지의 문제점들을 볼 수 있다.

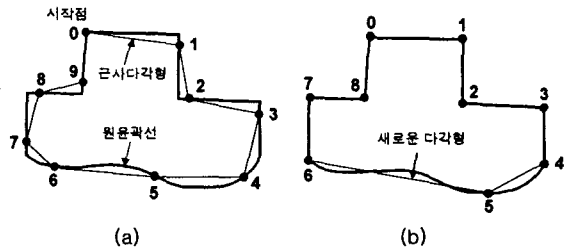


그림 2. 정점 선택의 예 (a) 순차적 정점 선택 (b) CSS를 이용한 초기 정점 + 순차적 정점 선택

본 논문에서는 적은 수의 정점을 유지하면서 순차적 정점 선택 기법의 이러한 문제점들을 해결하기 위한 새로운 정점 선택 기법을 제안한다. 첫 번째, 곡률이 큰 정점을 키 정점으로 선택한다. 이 키 정점들은 원 윤곽선을 여러 부분 윤곽선으로 나눈다. 각 부분 윤곽선의 두 끝점은 인접한 키 정점들이다. 두 번째, 각 부분 윤곽선은 순차적 정점 선택 기법으로 근사화한다. 그림 2 (b)는 기존의 순차적 정점 선택 기법과 비슷한 개수의 정점으로 오차 영역이 작은 새로운 정점 선택 기법의

예를 보여준다.

III. 제안된 2 단계 정점 선택 기법

3.1 시스템 개요

제안된 기법에서는 정점 선택 모듈을 재구성한다 (그림 3). CSS 기법을 이용한 키 정점 선택 단계와 순차적 정점 선택 기법과 동적 프로그래밍을 이용한 나머지 정점 선택의 2 단계로 구성되어 있다. 첫 번째 단계에서는 CSS 기법을 이용하여 높은 곡률의 윤곽선 상의 화소를 초기 정점으로 선택한다. 객체 윤곽선 상의 높은 곡률을 갖는 점들은 객체 표현뿐만 아니라 모양 정보 부호화에서 매우 중요한 점이다.

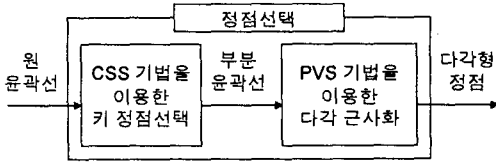


그림 3. 제안된 정점 선택 기법의 블록도

3.2 곡률 정보를 이용한 키 정점 선택

CSS 기법은 σ 값이 큰 값으로 윤곽선을 평탄화 한 후, 곡률이 국부 최대값(local maximum)을 가지는 점을 모서리 점으로 선택한다. 평탄화가 많이 이루어진 윤곽선 상에서 큰 값의 곡률을 가지는 점의 위치를 찾기 때문에 윤곽선상에 존재하는 잡음의 영향을 없앨 수 있다. 하지만, 이 점들은 평탄화 된 윤곽선 상에서 최대값의 곡률을 가지지만 원 윤곽선 상에서는 그 위치에서 곡률이 최대가 되지 않기 때문에, σ 값을 낮추면서 정확한 위치를 조정하게 된다. 이 때 모서리 점의 개수는 변화하지 않고 위치만 변하게 된다. 이러한 모서리 점들의 위치가 갑자기 변하지 않으므로 이전 σ 값으로 결정된 모서리 점 부근의 몇 점에 대해서만 곡률 값을 계산하고, 위치가 변하면 새로운 위치로 모서리 점을 옮긴다. 이런 방법을 이용하여 찾은 윤곽선의 모서리 점들은 비교적 정확한 위치에 존재하게 된다 (그림 4 (a)).

3.3 각 부분 윤곽선의 다각형 근사화

각 부분 윤곽선은 두 끝점이 인접한 키 정점이 열린 윤곽선으로 간주된다. 부분 윤곽선의 한 끝점으로부터 순차적 정점 선택 기법을 이용하여 다각형 근사화 기법이 수행된다 (그림 4 (b)).

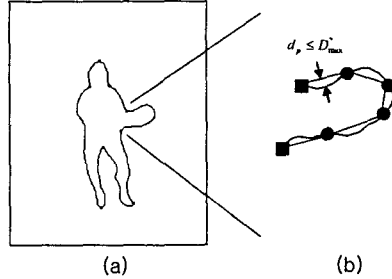


그림 4. 곡률 기반 정점 선택 (a) CSS 기법을 이용한 키 정점 선택, (b) PVS 기법을 이용한 각 부분 윤곽선의 다각형 근사화

IV. 실험 결과

제안된 정점 선택 기법의 성능을 평가하기 위한 모의 실험을 하였다. 특별히 MPEG-4 표준화 과정에 사용된 순환적 정점 선택 기법, 부호화 효율이 가장 우수한 순차적 정점 선택 기법, 본 논문에서 제안된 곡률 기반 정점 기법 등의 세 가지 정점 선택 기법의 성능을 비교한다. 본 논문에서 사용된 오차 척도는 MPEG-4 에서 사용하는 척도로 다음과 같다.

$$D = \frac{\text{number of pixels in error}}{\text{number of interior pixels}}$$

여기에서, 분자는 물체 마스크와 다각형 마스크의 비 정합 화소의 수이고, 분모는 물체 마스크의 크기이다.

비트량은 각 정점의 상대 좌표를 엔트로피 코딩을 이용하여 계산하였고, 실험 영상으로는 여러 종류의 MPEG-4 실험 영상을 사용하였고, 그 중 'Children kids' 영상 (SIF, 352 x 249), 'Stefan' 영상 (CIF, 352 x 288) 시퀀스를 사용한 비교 실험 결과를 제시한다.

그림 5와 그림 6은 제안된 정점 선택 기법과 기존의 정점 선택 기법들의 비트량-왜곡 특성 그래프이다. 'Children Kids' 영상에서는 순차적 정점 선택 기법에 비해 최고 58.0%, 평균 50.1% 이상의 오차를 감축하였고, 순환적 정점 선택 기법에 비해 최고 38.0%, 평균 30.1% 이상의 오차를 감축하였다. 'Stefan' 영상에서는 순차적 정점 선택 기법에 비해 최고 60.0%, 평균 51.2% 이상의 오차를 감축하였고, 순환적 정점 선택 기법에 비해 최고 38.1%, 평균 24.5% 이상의 오차를 감축하였다.

그림 7은 'Stefan' 영상의 객체의 마스크와 복원 마스크 사이의 오차 영역을 나타내고 있다. (a)는 원 객체

의 마스크이고, (b)(c)(d)는 각각 제안된 기법, 순차적 정점 선택 기법, 순환적 정점 선택 기법에 의해 복원된 마스크와 원 객체의 마스크 사이의 오차 영역에 해당하는 화소의 분포를 보여준다. 제안된 기법이 비슷한 개수의 정점으로 원 마스크와 복원 마스크 사이의 오차 면적을 줄임을 확인할 수 있다.

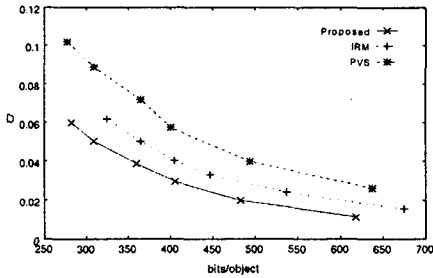


그림 5. Children kids 영상의 비트량-왜곡 특성 그래프

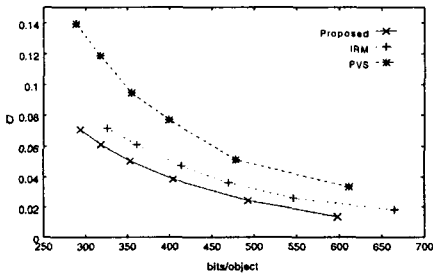


그림 6. Stefan 영상의 비트량-왜곡 특성 그래프

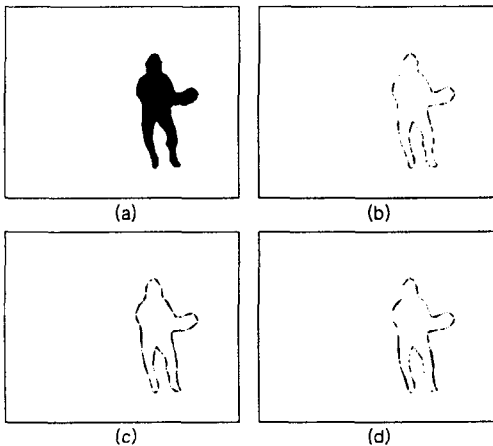


그림 7. 복원 영상의 오차 영역 비교 (a)원 마스크, (b) 제안된 기법 (정점 수: 26, 오차 화소수: 397), (c) 순차적 정점 선택 (정점 수: 26, 오차 화소수: 827), (d) 순환적 정점 선택 (정점 수: 27, 오차 화소수: 538)

V. 결론

본 논문에서는 적은 비트량을 유지하면서 근사 오차를 최소화하기 위해 CSS 기법과 동적 프로그래밍을 이용하는 2 단계 정점 선택 기법을 제안하였다. 첫 번째 단계의 정점 선택에서는 물체 모양의 특징 점이라 할 수 있는 곡률이 큰 점들을 CSS 기법을 이용하여 키 정점들을 선택하였고, 두 번째 단계에서는 인접한 키 정점 사이의 부분 윤곽선을 근사화 하는데 필요한 정점을 순차적 정점 선택 기법으로 선택한다. 순차적 정점 선택 기법은 주어진 최대 오차를 만족시키면서 최소의 정점을 선택하기 때문에 부분 윤곽선의 다각형 근사화에 사용되었다.

제안된 정점 선택 기법은 기존의 순차적 정점 선택 기법에 비해 최고 60.0%, 평균 51.0%의 근사 오차를 감축하였고, 순환적 정점 선택 기법에 비해 최고 38.1%, 평균 27.3%의 근사 오차를 감축하였다.

제안된 기법은 기존의 정점 선택 기법보다 비트량-왜곡 측면에서 우수한 성능을 보이고, 객체에 특징을 잘 나타내는 곡률이 큰 점을 정점으로 선택하므로 객체 모양 조각이나 객체 모양 인식과 같은 영역에서도 사용될 수 있을 것으로 보인다.

참고문헌

- [1] R. Koenen, Ed., "Overview of the MPEG-4 standard," International Standards Organization, Stockholm meeting, ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11 N1730, July 1997.
- [2] Kevin J. O'Connell, "Object-Adaptive Vertex-based Shape Coding Method," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 7, no. 1, pp. 251 - 255, Feb. 1997.
- [3] A. 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.
- [4] Farzin Mokhtarian and Riku Suomela, "Robust Image Corner Detection Through Curvature Scale Space," *IEEE trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 20, no. 12, pp. 1376 - 1381, Dec. 1998.
- [5] 윤병주, 고윤호, 김성대, "비트량-왜곡을 고려한 효율적인 다각형 근사화 기법," 전자공학회논문지, 제 40 권 SP 편 제 1 호, pp. 115 - 123, 2003.
- [6] P. Gerken, "Object-based analysis-synthesis coding of image sequences at very low bit rate," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 4, pp. 228 - 235 June 1994.