

## 왜곡 패턴 유형에 의한 다각형 기반 형상 부호화의 근사 정점 탐색

서정구<sup>\*</sup> · 광노윤<sup>\*\*</sup> · 서범석<sup>\*</sup> · 황병원<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>한국항공대학교 항공전자공학과 · <sup>\*\*</sup>천안대학교 정보통신학부

### 요 약

다각형 기반 형상 부호화 기법은 정보량을 줄이기 위해 정점수를 줄일 경우, 근사 다각형 에지들 간의 연결이 원 윤곽선과는 다르게 급변함으로써 근사 오차가 급격히 증가한다. 반면에, 허용 왜곡을 작게 하여 근사 오차를 줄일 경우, 정점 수가 급격히 늘어나 정점을 부호화하기 위해 많은 정보량이 소요되는 문제점이 있다. 제안된 방법에 있어서, 부호기는 다각형 에지와 원 윤곽 세그먼트가 이루는 모양과 가장 유사한 왜곡 패턴의 유형을 찾아 부호화하고, 복호기는 복호된 왜곡 패턴 정보로부터 근사 정점을 산술적으로 구해낸다. 이를 통해, 부가 정보의 증가를 효과적으로 억제시키면서도 전체적으로는 정점수가 늘어나 기존의 방법보다 다각형 에지의 급속한 변화를 현저하게 완화시킴으로써 좀 더 부드러운 근사 모양 정보를 얻을 수 있다. 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 통해 고찰할 때, 제안된 방법은 기존의 방식에 비해 왜곡이 적으며, 동일한 왜곡을 가지는 근사 모양 정보를 부호화하는데 필요한 비트량이 기존의 방법에 비해 대략 10~20% 정도 감소함을 알 수 있다.

## Approximation Vertex Search of Polygon-based Shape Coding by the Type of Distortion Patterns

Jeong-Gu Seo<sup>\*</sup> · No-Yoon Kwak<sup>\*\*</sup> · Beom-Seok Seo<sup>\*</sup> · Byong-Won Hwang<sup>\*</sup>

### ABSTRACT

If we reduce the number of vertexes to decrease bit rate in polygon-based shape coding, the distortion of approximated contour increases rapidly. On the other hand, if we reduce the distortion, the number of vertexes increases rapidly and many bits are required to encode the vertexes. To improve this problem, in this paper we propose the approximation vertex search method. The encoder in the proposed method searches the type of distortion patterns that is the most similar to the shape which polygon edge and contour segment form and then encodes it.

And then, the decoder mathematically finds the approximated vertexes from decoded distortion pattern information. Therefore, the proposed algorithm results in encoding many vertexes at a low bit rate and having the smoother shape than conventional method. As shown in computer simulation, the proposed method has less distortion than conventional method. It costs less bit rate by 10~20% than conventional algorithm in same distortion.

## 1. 서론

MPEG-4는 사용자 편의성을 증가시킨 범용 멀티미디어 압축표준으로서, MPEG-2가 DVD, D-TV를, MPEG-1이 비디오 CD 등을 대상으로 한 협의의 표준이라면, MPEG-4는 멀티미디어 서비스 전반을 포함하기 위한 광의의 표준이라 할 수 있다. 또한 MPEG-4는 저전송율에서 가능하지 않았던 비디오 서비스를 위해 저전송율이 가능하며, 기존의 MPEG-2대역까지 확장하여 서비스를 제공한다는 점에서 MPEG-2를 포함하고 있다. 그 응용 분야는 컴퓨터의 대화형 기능과 통신 전송 기능을 결합하여 실시간 통신은 물론 컴퓨터 게임, 영상 데이터베이스 등의 다양한 멀티미디어 분야까지 포함하고 있다. 이렇게 넓은 분야에서 요구하는 기능을 충족시키기 위해 MPEG-4에서는 장면 단위로 영상을 압축하는 대신 비디오 객체(VO: Video Object) 단위로 영상을 부호화한다. 비디오 객체(VO)는 사용자가 접속해서 조작할 수 있는 비트스트림 내의 요소들을 가리키며, 어떤 주어진 시간의 비디오 객체(VO) 특성을 나타내는 것을 비디오 객체 평면(VOP: Video Object Plane)이라고 한다. 부호기는 비디오 객체 평면(VOP)이 언제 어디에서 표시되어야 하는지를 나타내는 합성 정보를 보내고, 복호기에서 사용자가 합성 정보를 이용하여 디스플레이되는 장면의 구성을 편집할 수 있게 된다[1].

MPEG-4 표준화 작업이 마무리되면서 물체의 모양 정보의 부호화 기법으로 두 가지 기법이 결합을 벌이게 되었다. 첫 번째 방법은 비트맵을 이용하는 기법으로써 인접한 화소들 간의 확률적인 정보를 이용하는 CAE(Context-based Arithmetic Encoding) 기법이고, 다른 하나는 윤곽선(contour)

을 이용하는 방법으로 윤곽선을 다각 근사화 한 후 다각 근사화 정점을 부호화하고, 원 윤곽선과 근사 직선 사이의 오차를 적은 양의 데이터로 보상해 주는 방법이다. 이 두 가지 기법은 비슷한 성능을 보였으나, 구현 측면에서의 복잡도가 낮은 CAE가 표준으로 정해지게 되었다. 현재, MPEG-7 표준화 작업이 활발히 진행되고 있는데, MPEG-7에서는 MPEG-4나 기존의 표준과는 달리 단순히 영상을 부호화 하는 것보다 영상 내에 존재하는 물체들을 잘 표현하는 것이 중요하다. 즉, 영상 장면의 상황이라든지, 영상 내 물체의 생김새, 색깔, 자세 등을 잘 묘사하는 것이 중요하게 되었다. 이러한 것들을 이용하여 많은 양의 영상 데이터 내에서 원하는 물체나 장면 등을 쉽게 찾을 수 있게 하는 것이다. 이렇게 하기 위해서는 수많은 정보를 간략하게 묘사하는 것이 필요하다. 특히, 물체의 모양을 묘사할 때, 물체의 모양이 가지는 특징을 잘 추출하여 적은 정보량으로 표현하는 것이 중요하다. 그러나, CAE 기법은 인접한 화소간의 확률적인 정보를 이용하므로 물체의 특징(feature) 즉, 곡률, 물체의 면적, 경계의 길이 등을 적은 양의 정보로 표현하기가 힘들다. 반면, 윤곽선을 이용하는 기법은 물체의 모양으로부터 앞에서 언급한 특징들을 추출하기에 적합하다[2]. 여기서, 특징이란 물체를 가장 잘 표현하는 데이터로 물체를 효율적으로 묘사할 수 있는 정보이다. 이런 특징들은 다각 근사 정점(polygon approximation vertex)을 이용하여 쉽게 만들어 낼 수 있다. 하지만 이러한 정점들을 부호화 하는 데는 많은 정보량이 필요하므로 효율적인 부호화 기법이 요구된다.

본 논문에서는 다각 근사화 기법(polygon approximation)에서 높은 왜곡 근사시에 적은 비트량으로 왜곡을 크게 줄일 수 있는 기법을 제안한다. 제안된 방법의 핵심은 원 윤곽선과 정점에

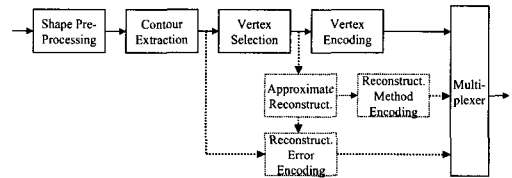
의해 재현된 윤곽선 사이의 왜곡은 일정한 패턴으로 근사화시킬 수 있다. 따라서, 적은 비트수로도 부호화가 가능한 왜곡 패턴 정보를 이용하여 이 왜곡을 보상해줌으로써 윤곽선의 재현성을 향상시키고자 하는 것이다.

정점 선택의 기준이 되는 척도는 왜곡률과 비트량이 될 수 있다. 즉, 원 윤곽선과 재현 윤곽선 사이의 왜곡이 그 하나 척도가 될 수 있고, 모양 정보를 부호화 하는데 필요한 데이터량이 또 다른 하나의 척도가 될 수 있다. 이러한 척도를 기반으로 한 정점 선택의 대표적인 방법에는 순차적인 기법과 순환적인 기법이 있다. 기존의 정점 선택 기법에서는 선택된 정점은 원 윤곽선 위에 존재한다. 하지만 다각 근사화 기법은 손실 부호화 기법으로, 선택된 정점이 반드시 원 윤곽선 위에 존재할 필요가 없는 것이다[3]. 이러한 점을 착안하여 원 윤곽선과 재현 윤곽선 사이의 왜곡 패턴을 추정 한 후 적은 비트량으로 부호화하여 전체 비트율-왜곡 측면에서 이득을 얻고자 하는 것이 본 논문에서 제안하는 정점 선택 기법의 핵심 개념이다. 제안된 방법은 우선, 주어진 허용 왜곡 내에서 정점들을 선택한다. 그 다음 연속하는 두 정점이 그리는 윤곽선과 원 윤곽선 사이의 왜곡 패턴을 추정한다. 추정 시에 이용되는 비트수는 패턴의 수에 비례한다. 추정된 왜곡 패턴은 복호시 왜곡을 보정하기 위한 정점 추정에 이용된다.

## II. 다각형 기반 형상 부호화의 개요

형상 부호화 접근법들에 대한 일반적인 구조는 (그림 1)에서 보여지는 것처럼 형상의 다각형 근사에 의존한다. 입력 객체 분할 마스크(2진 알파 평면)는 요구된 해상도로 공간해상도를 줄이고 또

한 원치 않은 잡음을 줄이기 위해서 먼저 전처리된다. 객체의 에지는 부호화 되기 위한 각 윤곽선에 대해 윤곽선 픽셀 위치의 목록으로 결정되고 추출되어진다. 윤곽선의 다각형 근사를 정의하는 정점들은 어떤 왜곡 기준 또는 정점의 제한의 전제하에 선택되어진다. 그런 후에 각 윤곽선 근사에 대한 정점들의 목록은 부호화 된다. 이어서, (그림 1)에 나타낸 바와 같이, 객체 윤곽선의 근사를 재구성하고 그리고 근사 에러를 부호화 한다 [4].



(그림 1) 윤곽선 부호화 블록도

### 2.1 용어 정리

정점 기반 모양 정보 부호화 기법(vertex based shape coding)의 주 아이디어는 다각형에 의해 주어진 윤곽을 근사하고 원 경계 대신에 다각형의 정점들을 부호화하는 것이다[3][4][5] [6][7][8]. 본 논문에서는 다음과 같은 용어 및 기호가 이용될 것이다[5].  $B = \{b_0, \dots, b_{N_B-1}\}$ 는 순서 집합(ordered set)인 연결된 윤곽선을 나타내는데, 여기서  $b_j$ 는  $B$ 의  $j$  번째 점이며,  $N_B$ 는  $B$ 에서 경계점들의 전체 수이다. 닫힌 경계의 경우에,  $b_0 = b_{N_B-1}$ 이다.

$P = \{p_0, \dots, p_{N_P-1}\}$ 는  $B$ 를 근사하기 위해 이용되는 다각형의 정점들을 나타내며, 그것은 또

한 순서 집합(ordered set)이며,  $p_k$ 는  $P$ 의  $k$  번째 정점이고,  $N_p$ 는  $P$ 에서 정점들의 전체 수이며,  $k$  번째 예지는  $p_{k-1}$ 에서 시작하여  $p_k$ 에서 끝난다.  $P$ 가 순서 집합이기 때문에, 순서 규칙(ordering rule)과 정점들은 유일하게 다각형(polygon)을 정의한다. 후술에서 다각형은 순서 집합이라는 사실에 대해 부연할 것이다.

다각형의 정점들은 차분부호화하는 것이 일반적인데, 이것은 현재의 정점의 위치가 이전 것의 위치와 강하게 상관되기 때문에 자연의 경계(natural boundary)들을 위한 효율적인 방법이다. 통상, 정점  $p_{k-1}$ 가 주어졌을 때, 정점  $p_k$ 의 차분부호화를 위해 필요한 비트율(bit rate)은  $r(p_{k-1}, p_k)$ 로 표시된다. 그러므로 전체의 다각형을 위한 비트율  $R(p_0, \dots, p_{N_p-1})$ 은 식(1)과 같다.

$$R(p_0, \dots, p_{N_p-1}) = \sum_{k=0}^{N_p-1} r(p_{k-1}, p_k) \quad (1)$$

여기서,  $r(p_{k-1}, p_k)$ 은 첫 정점의 절대적인 위치를 부호화하기 위해 필요한 비트들의 수와 같다. 즉 닫혀진 경계에 대해, 첫 정점과 마지막 정점이 동일한 경우, 마지막 정점은 부호화될 필요가 없으므로,  $r(p_{N_p-2}, p_{N_p-1})$ 은 0이다. 일반적으로 경계를 근사하기 위해 이용되는 다각형의 경우, 그것의 정점들을 2차원 평면상의 어떠한 좌표점에 위치시키더라도 무방하지만[4][5], 이하에서 설명할 기법에서는 그 정점들이 원 윤곽선에 속하는 것으로 제한한다( $p_k \in B$ ). 이 제한 조건은 고속의 다각 선택 알고리즘을 적용하거나 낮은 복잡도를 가지는 최적 알고리즘을 유도함에 있어 매우 유용하다. 두 연속적인 정점들인  $p_{k-1}$ 와  $p_k$ 를 연결

하는  $k$  번째 다각형 예지는 부분적인 경계  $\{b_j = p_{k-1}, b_{j+1}, \dots, b_{j+l} = p_k\}$ 의 근사이며, 그것은 1+1 경계점을 포함한다. 따라서,  $d(p_{k-1}, p_k)$ 로 표시되는 예지 왜곡 측정에 의해 이 근사의 질을 측정할 수 있다. 다각 왜곡 측정은 모든 예지 왜곡 측정의 합 또는 최대치로써 표현될 수 있다.

### 2.2 왜곡 측정

왜곡 측정은 여러 가지 방법들이 있는데, 커브 근사를 위해 일반적으로 쓰이는 왜곡 측정은 MAD(Maximum Absolute Distance)이다.  $d(p_{k-1}, p_k, t)$ 는 임의의 점  $t$ 와  $p_{k-1}$ 와  $p_k$ 를 통하는 선 사이의 가장 짧은 거리라고 하자. 이 거리는 다음처럼 표현될 수 있다.

$$d(p_{k-1}, p_k, t) = \frac{|(t_x - p_{k-1,x})(p_{k,y} - p_{k-1,y}) - (t_y - p_{k-1,y})(p_{k,x} - p_{k-1,x})|}{\sqrt{(p_{k,x} - p_{k-1,x})^2 + (p_{k,y} - p_{k-1,y})^2}} \quad (2)$$

여기서, 아래 첨자  $x$ 와  $y$ 는 특정 점의  $x$ 와  $y$ 좌표들을 나타낸다. 이때, 경계의 일부분인  $\{b_j = p_{k-1}, b_{j+1}, \dots, b_{j+l} = p_k\}$ 와 그 예지( $p_{k-1}, p_k$ ) 사이의 MAD(Maximum Absolute Distance)는 다음 식에 의해 주어진다.

$$d(p_{k-1}, p_k) = \max_{t \in \{b_j = p_{k-1}, b_{j+1}, \dots, b_{j+l} = p_k\}} d(p_{k-1}, p_k, t) \quad (3)$$

다른 왜곡 측정법으로 MSD(Mean Squared Distance)가 있으며, 그것은 다음과 같다.

$$d(p_{k-1}, p_k) = \frac{1}{N_B} \sum_{t \in \{b_j = p_{k-1}, b_{j+1}, \dots, b_{j+l} = p_k\}} d^2(p_{k-1}, p_k, t) \quad (4)$$

이상의 설명에서는 에지 왜곡 측정, 즉, 주어진 다각형 에지에 의해 하나의 세그먼트 근사를 판단하는 측정을 기술했다. 본 논문에서는 전체적인 다각형의 근사의 질을 결정하기 위해 이용될 수 있는 다각형 왜곡 측정으로 다음의 두 가지 방법을 소개하고자 한다. 그 첫 번째 방법은 maximum operator에 기반한 것으로서 다음의 형태를 가진다.

CLASS 1 :

$$D(p_0, \dots, p_{N_p-1}) = \max_{k \in [0, \dots, N_p-1]} d(p_{k-1}, p_k) \quad (5)$$

식(5)에서  $d(p_{-1}, p_0)$ 는 0이다. 다음은 왜곡 측정의 그 두 번째 방법으로, 그것은 summation operator에 기반한 것으로서 다음의 형태를 지닌다. 식(6)에서  $d(p_{-1}, p_0)$ 는 0이다.

CLASS 2 :

$$D(p_0, \dots, p_{N_p-1}) = \sum_{k=0}^{N_p-1} d(p_{k-1}, p_k) \quad (6)$$

왜곡척도로 MAD(Maximum Absolute Distance)가 선택될 경우, 에지 왜곡을 위해서는 식(3)을 이용해야 하고 다각형 왜곡 측정을 위해서는 식(5)를 이용해야 한다. 다른 한편으로, MSD(Mean Squared Distance)를 선택한다면, 그때 에지 왜곡을 위해 식(4)를 다각형 왜곡 측정을 위해 식(6)을 이용해야 한다. 원 윤곽선과 다각형 사이에 절대 넓이 또는 화소의 전체 수치럼 이러한 구조에 적합한 많은 다른 다각형 왜곡 측정법들이 있다. 이상에 언급한 것처럼, 다각형의 정점들이 원 윤곽선에 속하도록 제한하는 것의 큰 장점 중에 하나는 에지 왜곡들의 합 또는 최대치로서 다각형의 왜곡을 표현하는 할 수 있다는 것이다.

### III. 제안된 다각형 기반 형상 부호화

물체의 모양을 묘사할 때, 물체의 모양이 가지는 특징을 잘 추출하여 적은 정보량으로 표현하는 것이 중요하다. 그러나, CAE 기법은 인접한 화소 간의 확실적인 정보를 이용하므로 물체의 특징(feature) - 곡률, 물체의 면적, 경계의 길이 등-을 적은 양의 정보로 표현하기가 힘들다. 반면, 윤곽선을 이용하는 기법은 물체의 모양으로부터 앞에서 나열한 특징들을 추출하기가 적합하다. 여기서, 특징이란 그 물체를 가장 잘 대변하는 데이터로써 해당 물체를 효율적으로 묘사할 수 있는 정보이다. 이런 특징들은 다각 근사화 정점을 이용하여 쉽게 만들어 낼 수 있다[3][4][5][6][7]. 하지만 이러한 정점들을 부호화 하는 데는 많은 정보량이 필요하므로 효율적인 부호화 기법이 요구된다. 근사 에러를 줄이기 위해 최대 허용 왜곡( $D_{max}$ )을 작게 할 경우, 정점수가 급격히 늘어나 많은 정보량이 필요하게 되며, 정보량을 줄이기 위해  $D_{max}$ 를 크게 할 경우 근사 에러가 커지는 상호 타협관계(tradeoff)가 발생한다. 특히  $D_{max}$ 가 커짐에 따라 시각적으로 모양정보의 왜곡정도가 상당히 심해진다. 이에 본 논문에서는 적은 정보량으로 큰  $D_{max}$ 에서 시각적으로 모양정보의 왜곡정도를 현저하게 줄일 수 있는 근사 정점 탐색에 의한 다각형 기반 형상 부호화 기법을 제안한다.

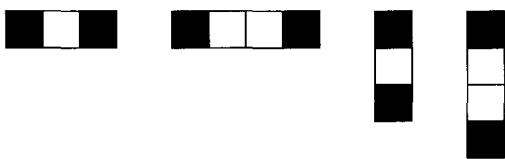
제안된 방법은 다각형 기법에 의해 선택된 정점들에 의해 연결된 에지와 원 윤곽선사이의 왜곡은 일정한 패턴으로 형성됨에 착안하여 원 윤곽선으로부터 기 설정한 최대 허용 왜곡에 맞춰 정점을 선택한 후 연속적인 두 정점에 의한 다각형 에지와 두 정점을 시작과 끝으로 하는 원 윤곽선 사이의 왜곡 패턴을 찾아 정점과 함께 패턴을 부호화

함으로써 복호단에서 부호화된 왜곡 패턴을 이용하여 유사 정점을 찾아 근사된 모양정보를 복호함으로써 상대적으로 적은 정보량을 이용하면서도 모양정보의 왜곡을 큰 폭으로 줄일 수 있다.

### 3.1 이진 VOP로부터 윤곽 추출

서론에서 기술된 것처럼 모양 정보(shape information)를 어떻게 생성할 것인가에 대해서는 MPEG-4에서는 규정하고 있지 않다. 실제로 부호화 하는 사용자가 목적에 부합하도록 자유롭게 선택할 수 있다. 윤곽을 추출하는 과정은 다음과 같다.

**단계 1:** 입력받은 이진 VOP로부터 윤곽선 정보를 추출하기 전에 전처리를 통해 불필요한 정보를 제거해야 한다. 본 논문에서는 (그림 2)와 같은 3×1, 1×3, 4×1, 1×4 마스크를 이용하였다. (그림 2)의 각 마스크를 이진 영상에 적용하여 마스크와 동일한 픽셀을 0으로 하는 처리를 수행한다.



(a)3×1 (b)4×1 (c)1×3 (d)1×4  
(그림 2) 이진 마스크

**단계 2:** 단계 1에서 얻어진 이진 영상으로부터 윤곽선 정보를 추출하기 위해 이진 영상에서 객체의 외부와 8방향에서 인접한 픽셀들을 연속적으로 추출한다.

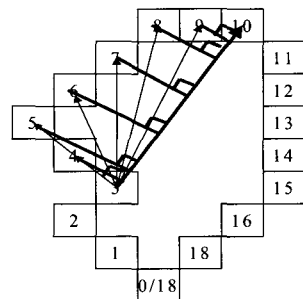
### 3.2 정점 선택 과정

3.1절에 의해 얻어진 윤곽선 정보를 이용하여 정

점을 선택한다. 그 과정은 다음과 같다.

**단계 1:** 윤곽선을 구성하는 첫 화소의 위치를 다각형을 구성하는 정점의 첫 화소 위치로 한다.

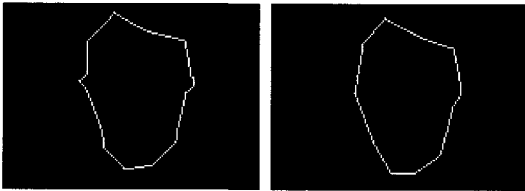
**단계 2:** 마지막으로 선택된 정점과 예비 정점에 의한 다각형 변과 윤곽 세그먼트 사이의 최대 왜곡을 구한 후 허용 최대 왜곡( $D_{max}$ )과 비교해 크면, 이전 예비 정점을 정점으로 선택한 후 단계 3을 수행하며, 작으면 단계 3을 수행한다. 예컨대, (그림 3)에서 마지막 정점의 위치가 3번 위치일 때, 9번 위치를 예비 정점의 위치로 하여 계산한 최대 왜곡이 허용 최대 왜곡보다 작다고 가정할 때, 10번 위치를 현 예비 정점의 위치라 하자. 이때, 마지막 정점의 위치인 3번과 예비 정점 위치인 10번 사이의 직선과 3번과 10번 사이의 윤곽 세그먼트 사이의 절대 거리를 구해 가장 큰 값을 최대 왜곡으로 정한 후 최대 허용 왜곡( $D_{max}$ )과 비교하여 최대 허용 왜곡( $D_{max}$ )보다 크다면, 이전 예비 정점의 위치인 9번 위치를 정점으로 선택하고, 같을 경우 10번 위치를 정점으로 선택한 후 다음 정점을 찾는 과정을 수행하고, 작을 경우 11번 위치를 예비 정점의 위치로 하여 최대 허용 왜곡 비교 과정을 반복한다.



(그림 3) 왜곡 측정

**단계 3:** 예비 정점으로 선택된 윤곽선 화소 위치의 다음 화소 위치를 현 예비 정점으로 하여 단계 2를 반복한다. 이때 모든 윤곽선 화소가 처리되었다면 정점 선택과정을 마친다.

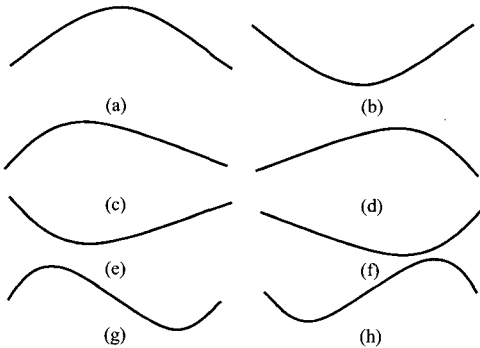
(그림 4)는 단계 1·2·3을 거쳐 얻어진 영상이다. (그림 4(b))의 경우, 시각적으로 원 윤곽정보에 비해 상당량의 왜곡이 발생함을 알 수 있다.



(a)  $D_{max} = 2$                       (b)  $D_{max} = 3$   
(그림 4) 선택된 정점에 의한 형상 정보.

### 3.3 제안된 근사 정점 탐색

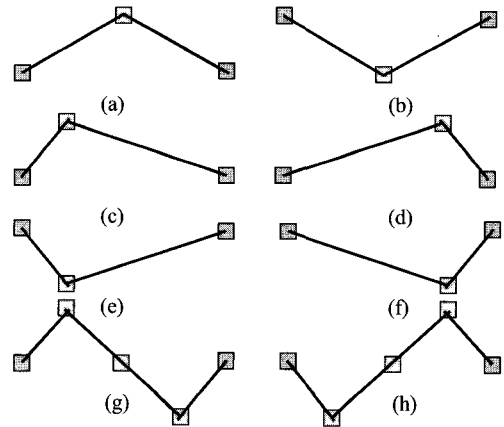
윤곽 세그먼트의 일반적 왜곡 패턴은 크게 (그림 5)(a)와 (그림 5)(b)로 나눌 수 있지만, 이를 좀 더 세분하면 (그림 5)(a)~(h)와 같이 대체적으로 8가지의 패턴으로 분류할 수 있다.



(그림 5) 윤곽 세그먼트의 일반적인 왜곡 패턴

본 논문은 이러한 패턴 분류에 착안한 것으로,

(그림 6)에 나타난 바와 같이, 8가지의 패턴을 개략적으로 형상화하기 위해 근사 정점을 설정한 후, 각 패턴별로 근사 왜곡을 계산하여 이를 최소화시키는 패턴의 식별 정보를 복호단에 제공하는 형상 부호화 방법에 관한 것이다. 본 논문에 따르면, 정점을 직접적으로 부호화하는 것에 비해 상대적으로 적은 비트량을 요하는 패턴 식별 정보를 이용하면서도 근사 왜곡을 효과적으로 경감시킬 수 있는 이점이 있다. 이 과정을 좀 더 상술하면 다음과 같다.



■ : 3.2절에 의해 얻어진 정점  
□ : 제안된 방법에 의한 근사 정점

(그림 6) 탐색된 근사 정점의 왜곡 패턴

**단계 1:** 근사 정점 탐색을 위한 두 정점의 초기치로  $p_{1st} = p_0$ ,  $p_{2nd} = p_1$ 으로 한다.

**단계 2:** (그림 6)과 같이 각 왜곡 패턴에 해당하는 임의 근사 정점을 구한다.  $lt_x$ ,  $lt_y$ 는 각각 두 정점을 잇는 직선상의 1/4 지점에 위치하는 임의 근사 정점의  $x$ 좌표와  $y$ 좌표를 의미하고,

$ct_x$ ,  $ct_y$ 는 각각 두 정점을 잇는 직선상의 2/4 지점에 위치하는 임시 군사 정점의  $x$ 좌표와  $y$ 좌표를 의미하며,  $rt_x$ ,  $rt_y$ 는 각각 두 정점을 잇는 직선상의 3/4 지점에 위치하는 임시 군사 정점의  $x$ 좌표와  $y$ 좌표를 의미한다.

$$ct_x = (p_{1st,x} + p_{2nd,x})/2 \quad (7a)$$

$$ct_y = (p_{1st,y} + p_{2nd,y})/2 \quad (7b)$$

$$lt_x = p_{1st,x} + (p_{2nd,x} - p_{1st,x})/4 \quad (7c)$$

$$lt_y = p_{1st,y} + (p_{2nd,y} - p_{1st,y})/4 \quad (7d)$$

$$rt_x = p_{1st,x} + (p_{2nd,x} - p_{1st,x}) \times 3/4 \quad (7e)$$

$$rt_y = p_{1st,y} + (p_{2nd,y} - p_{1st,y}) \times 3/4 \quad (7f)$$

$$sl = -(p_{2nd,x} - p_{1st,x}) / (p_{2nd,y} - p_{1st,y}) \quad (8a)$$

$$d_x = \cos(\tan^{-1}sl) \quad (8b)$$

$$d_y = \sin(\tan^{-1}sl) \quad (8c)$$

(그림 6)(a) 패턴의 군사 정점 :

$$aV_x = ct_x + \mu \cdot D_{max} \times d_x \quad (9a)$$

$$aV_y = ct_y + \mu \cdot D_{max} \times d_y \quad (9b)$$

(그림 6)(b) 패턴의 군사 정점 :

$$bV_x = ct_x - \mu \cdot D_{max} \times d_x \quad (9c)$$

$$bV_y = ct_y - \mu \cdot D_{max} \times d_y \quad (9d)$$

(그림 6)(c) 패턴의 군사 정점 :

$$cV_x = lt_x + \mu \cdot D_{max} \times d_x \quad (9e)$$

$$cV_y = lt_y + \mu \cdot D_{max} \times d_y \quad (9f)$$

(그림 6)(d) 패턴의 군사 정점 :

$$dV_x = rt_x + \mu \cdot D_{max} \times d_x \quad (9g)$$

$$dV_y = rt_y + \mu \cdot D_{max} \times d_y \quad (9h)$$

(그림 6)(e) 패턴의 군사 정점 :

$$eV_x = lt_x - \mu \cdot D_{max} \times d_x \quad (9i)$$

$$eV_y = lt_y - \mu \cdot D_{max} \times d_y \quad (9j)$$

(그림 6)(f) 패턴의 군사 정점 :

$$fV_x = rt_x - \mu \cdot D_{max} \times d_x \quad (9k)$$

$$fV_y = rt_y - \mu \cdot D_{max} \times d_y \quad (9l)$$

(그림 6)(g) 패턴의 군사 정점 :

$$gV_{x1} = lt_x + \mu \cdot D_{max} \times d_x \quad (9m)$$

$$gV_{y1} = lt_y + \mu \cdot D_{max} \times d_y \quad (9n)$$

$$gV_{x2} = rt_x + \mu \cdot D_{max} \times d_x \quad (9o)$$

$$gV_{y2} = rt_y - \mu \cdot D_{max} \times d_y \quad (9p)$$

(그림 6)(f) 패턴의 군사 정점 :

$$fV_{x1} = lt_x - \mu \cdot D_{max} \times d_x \quad (9q)$$



$$fV_{y1} = lt_y - \mu \cdot D_{\max} \times d_y \quad (9r)$$

$$fV_{x2} = rt_x - \mu \cdot D_{\max} \times d_x \quad (9s)$$

$$fV_{y2} = rt_y + \mu \cdot D_{\max} \times d_y \quad (9t)$$

**단계 3:** 각 패턴에 해당하는 임시 근사 정점에 대해 윤곽 세그먼트와의 최대 왜곡을 구하여 가장 작은 최대 왜곡을 갖는 패턴을 찾아 그 패턴을 부호화한다. 다각형 예지와 윤곽선 간의 왜곡의 평균을 구하여 가장 작은 평균 왜곡을 갖는 패턴을 찾아 그 패턴을 부호화한다.

**단계 4:** 다음 근사 정점을 구할 두 정점을 설정한다. 모든 정점이 처리됐으면 종료한다.

이상에서 설명한 방법을 통해 얻어진 왜곡 패턴은 8가지의 유형 중에서 윤곽 세그먼트와 가장 근사한 형태이며, 복호시 식(7)과 식(8) 및 식(9)의 해당 패턴의 식을 이용하여 근사 정점을 복호할 수 있는 바, 상대적으로 적은 추가 정보량을 발생시키면서도 현격하게 왜곡을 줄일 수 있는 장점이 있다.

## IV. 시뮬레이션 결과 및 고찰

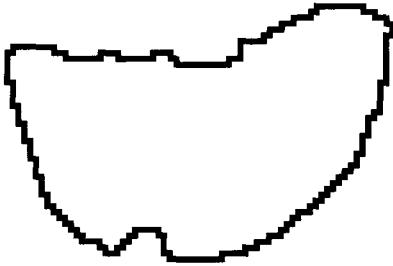
본 논문에서는 제안된 방법의 타당성과 보편성을 평가하기 위해, 360×288 크기의 CLAIRE와 MISSAMERICA의 부분 영상을 대상으로 MS Visual C++ 6.0을 이용하여 Pentium IV 2.0GHz에서 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다.

제안된 방법에서는 최대 허용 왜곡( $D_{\max}$ )에 따라 정점을 선택한 후, 이 정점을 차분 부호화(DPCM)하였으며, 8가지의 윤곽 세그먼트에 대

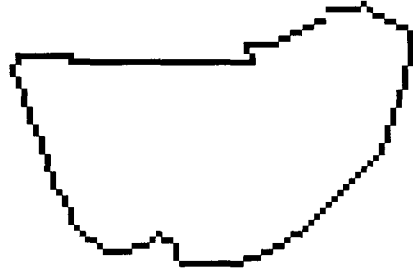
한 패턴 식별 정보를 코딩하기 위해 각 패턴당 3비트를 할당했다. 한편, 비교 대상으로 선택한 기존의 방법은 최대 허용 왜곡( $D_{\max}$ )에 따라 정점을 선택한 후, 단순히 이 정점만을 차분 부호화(DPCM)한 것이다.

제안된 방법과 기존의 방법에 대해, 최대 허용 왜곡( $D_{\max}$ )에 따른 각각의 근사 정점의 비트율 및 근사 정점에 의한 평균 왜곡을 측정하였다.

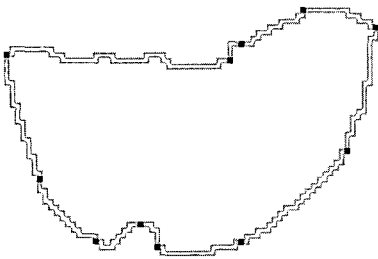
(그림 7)(a) 영상은 다각형 기반 형상 부호화 기법들의 성능 평가를 위해 널리 사용되는 MISSAMERICA 영상의 목 부분 영상의 윤곽선이다. 우선, 최대 허용 왜곡( $D_{\max}$ )을 2화소로 하여 기존의 방법으로 (그림 7)(b)와 같이 정점을 선택하였다. (그림 7)(c)는 (그림 7)(b)의 정점을 이용하여 재현한 근사 모양 정보를 나타낸 것이다. (그림 7)(c)에 나타낸 바와 같이 (그림 7)(b)의 정점에 의해 재현된 근사 모양 정보의 경우, 완만한 굴곡 부분에서 상대적으로 큰 왜곡이 발생함을 알 수 있다. 한편, (그림 7)(d)는 제안된 방법에 의해 선택된 정점과 근사 정점을 나타낸 것이고, (그림 7)(e)는 (그림 7)(d)의 정점을 이용하여 재현한 근사 모양 정보를 나타낸 것이다. (그림 7)(e)에서 확인할 수 있는 바와 같이, 제안된 방법에 의해 재현된 근사 모양 정보는 기존의 방법에 비해 윤곽이 매우 부드럽고 원 윤곽선에 매우 근접함을 알 수 있다. 한편, 제안된 방법의 특징은 (그림 7)(d)에서 볼 수 있듯이, 근사 정점이 반드시 원 윤곽선 상에 존재하지 않을 수도 있다는 것이다.



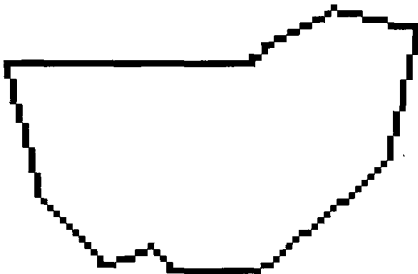
(a)원 모양 정보



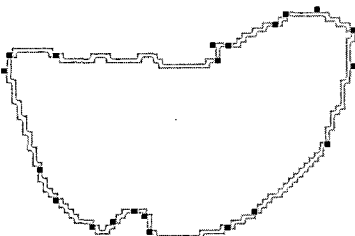
(e)제안된 방법에 의해 재현된 근사 모양 정보  
(그림 7) MISSAMERICA 목 부분의 모양 정보



(b)기존의 방법에 의해 선택된 정점



(c)기존의 방법에 의해 재현된 근사 모양 정보



(d)제안된 방법에 의해 선택된 정점과 근사 모양 정보

또한, (그림 8)을 통해 확인할 수 있는 바와 같이, 제안된 방법은 같은 비트량을 사용하면서도 기존의 방법에 비해 원 윤곽선에 상당히 근접하게 모양 정보를 재현하고 있음을 알 수 있다.



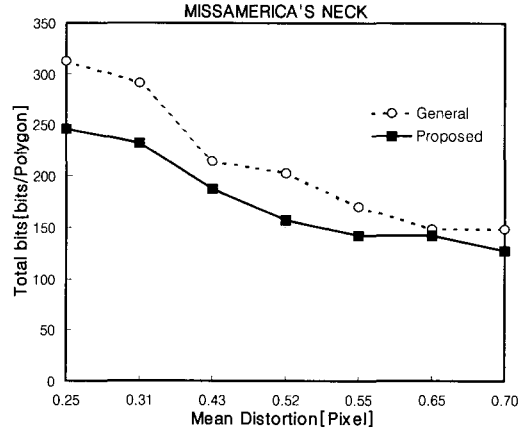
(a)원 윤곽선



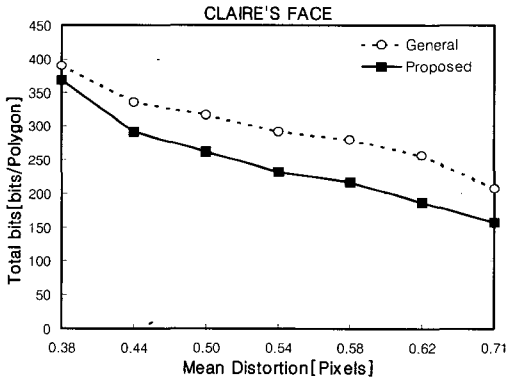
(b)기존의 방법에 의한 근사 모양 정보



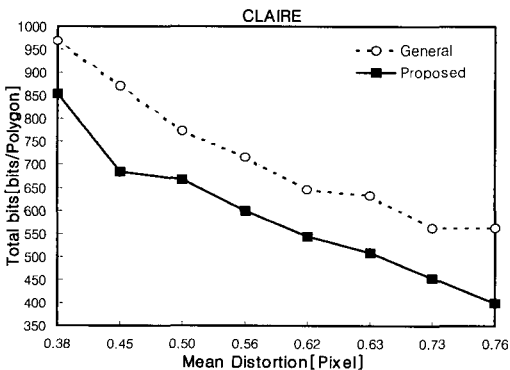
(c) 제안된 방법에 의한 근사 모양 정보  
(그림 8) 평균 허용 왜곡일 때의 기존의 방법과 제안된 방법의 결과 영상



(c) MISSAMERICA'S NECK  
(그림 9) 평균 허용 왜곡을 기준으로 필요 비트수 비교



(a) CLAIRE'S FACE



(b) CLAIRE

(그림 9)는 기존의 방법과 제안된 방법의 비트량 비교한 것으로, 선택된 정점에 의한 다각형 에지 왜곡의 평균을 기준으로 하여 비트량을 비교한 것이다. (그림 9)의 그래프에서 'Proposed' 및 'General'이라고 범례(legend)가 붙은 곡선은 각각 제안된 방법과 기존의 방법의 비트량을 평가한 것이다. 이때, (그림 9)(a)와 (그림 9)(b) 및 (그림 9)(c)는 각각 CLAIRE의 얼굴 부분 윤곽선과 CLAIRE의 전체 윤곽선 및 MISS AMERICA의 목 부분 윤곽선에 대해 평균 허용 왜곡을 기준으로 필요 비트수를 비교·평가한 것이다. (그림 9)를 통해 알 수 있듯이, 제안된 방법은 부가 정보의 증가폭이 작은 것에 비해 전체적으로는 정점수가 크게 늘어나 기존의 방법보다 다각형 에지의 급속한 변화를 현저하게 완화시킴으로써 좀 더 부드러운 근사 모양 정보를 얻을 수 있다. 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 고찰할 때, 제안된 방법은 동일한 왜곡을 가지는 근사 모양 정보를 부호화 하는데 필요한 비트량이 기존의 방법에 비해 대략 10~20% 정도 감소함을 알 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 다각형 근사 정점 기반 형상 부호화 기법에서 다각형 에지와 원 윤곽 세그먼트가 이루는 왜곡 패턴을 이용하여 근사 정점을 추정하는 기법을 제안하였으며, 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 통하여 기존의 방법과의 성능을 비교 분석하였다.

본 논문에서는 앞서 기술한 문제점을 보완하고자 근사 정점 탐색 기법을 이용한 다각 근사화 기법을 제안하였다. 제안된 방법은 다각형 에지와 윤곽 세그먼트가 이루는 모양과 가장 유사한 왜곡 패턴을 찾아 부호화하고, 복호단 측에서 복호된 왜곡 패턴 정보를 이용하여 근사 정점을 간접적으로 탐색함으로써 적은 정보량으로 부가 정보의 양을 줄이면서도 결과적으로 전체 정점수가 늘어나 기존의 방법보다 다각형 에지의 급속한 변화를 현저하게 완화시킴으로써 보다 부드러운 근사 모양 정보를 얻을 수 있으며, 동일한 근사 오차 시, 상대적으로 적은 정보량을 발생시키는 장점이 있다. 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 통해서, 제안된 방법에 의해 근사화된 모양 정보는 기존의 방법에 비해 시각적으로 상당히 왜곡이 감소했음을 알 수 있으며, 동일한 왜곡을 가지는 기존의 방법보다 근사화된 모양 정보를 부호화 하는데 소요되는 비트량이 10~20% 정도 감소함을 알 수 있다. 따라서 기존의 방법에 비해 제안된 방법이 상대적으로 우수함을 확인할 수 있었다. 그러나, 기존의 방법에 비해 원 윤곽선과 부분적으로 유사도가 떨어지는 것을 주관적인 비교를 통해 발견할 수 있는데, 향후 이에 대한 성능 개선이 필요하다.

## 참고문헌

- [1] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N1380, *MPEG-4 video verification model version 9.1*, San Jose, Feb. 1998.
- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N2996, *MPEG-7 Requirements Document V.10*, Melbourne, Oct. 1999.
- [3] Guido M. Schuster, Aggelos K. Katsaggelos, *Rate-Distortion Based Video Compression : Optimal Video Frame Compression and Object Boundary Encoding*, Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [4] Kevin J. O'Connell, "Object- Adaptive Vertex -Based Shape Coding Method", *IEEE Trans. CSVT*, vol. 7, no. 1, pp. 251-255, Feb. 1997.
- [5] Guido M. Schuster and Aggelos K. Katsaggelos, "An Optimal lossy segmentation encoding scheme", *Proc. VICEP 96*, vol. 3, pp. 1050-1061, 1996.
- [6] 윤병주, 김성대, "비트량 왜곡에 근거한 다각형 부호화 기법", *한국통신학회 하계종합학술 발표회 논문집*, pp. 651-654, 1999.
- [7] 윤병주, 강현수, 조순제, 김성대, "삼각형의 무게 중심을 이용한 새로운 다각 근사화 정점 부호화 기법", *한국통신학회 논문지 제24권 제 6B호*, pp. 1174-1182, 1999.
- [8] 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*, Sep. 2000.



**서 정 구**

1997년 한국항공대학교 항공전자공학과(공학사)

2000년 한국항공대학교 대학원 항공전자공학과(공학석사)

2000년~현재 한국항공대학교

대학원 항공전자공학과(박사과정)

관심분야 : 객체 기반 영상 부호화, 패턴인식, MPEG-4, DAB 등



**서 범 석**

1997년 한국항공대학교 항공전자공학과(공학사)

2001년 한국항공대학교 항공전자공학과(공학석사)

2001년~현재 한국항공대학교

항공전자공학과(박사과정)

관심분야 : 음성인식, 컴퓨터 비전 및 패턴인식, LCD 화질개선, 영상 디스플레이(3D) 등



**곽 노 윤**

1994년 한국항공대학교 항공전자공학과(공학사)

1996년 한국항공대학교 대학원 항공전자공학과(공학석사)

2000년 한국항공대학교 대학원

항공전자공학과(공학박사)

2000~현재 천안대학교 정보통신학부 교수

2002년~현재 멀티미디어 기술사

관심분야 : 객체 기반 영상 부호화, 컴퓨터 비전 및 패턴 인식, JPEG-2000, MPEG-4/7/21, 칼라 영상 처리 및 검색, 영상 디스플레이 등



**황 병 원**

1972년 한국항공대학 항공전자공학과 졸업(공학사)

1981년 동경대학 대학원 전기공학과(공학석사)

1984년 동경대학 대학원 전기

공학과(공학박사)

1984년~1985년 국방과학연구소 선임연구원

1993년~1994년 동경대학 전기공학과 교환교수

1985년~현재 한국항공대학교 항공전자공학과 교수

관심분야 : 영상처리 및 영상인식, 동영상 신호처리, 교통류 제어 등