

# 윤곽선 다각근사화시 오차신호에 대한 변환 부호화 기법

민병석, 김승중, 정계창, 최병욱  
한양대학교 전자통신공학과

## Transform Coding of Error Signals in Polygonal Approximation to Contour

B. S. Min, S. J. Kim, J. Jeong, and B. U. Choi  
Dept. of Electronic Communications Eng, Hanyang Univ.

### 요 약

본 논문에서는 윤곽선의 다각근사화시 발생하는 오차신호를 표본화 하고 표본화된 신호를 부호화하기 위한 새로운 변환을 제안한다. 제안하는 방법은 다각근사화시 발생하는 윤곽선의 단편들이 완만한 곡선의 형태를 갖고 양 끝점이 0이라는 특징을 고려해서 르장드르 다항식에 기반한 새로운 변환을 제안한다. 제안한 방법은, 기존의 방법인 이산여현변환, 이산정현변환등과 변환부호화 이득면에서 비교해 볼 때 우수한 결과를 얻었다.

### I. 서 론

차세대 영상 압축 방식은 기존의 블록(block) 변환 기반의 방식[3]과는 다르게 내용 기반(content based) 부호화를 지향하고 있다.[1,2] 초

저속 영상통신, 멀티미디어 데이터베이스, 양방향 멀티미디어 서비스 등의 응용 분야에서는 장면(scene)내의 객체를 독립적으로 표현하거나 액세스(access)를 필요로 한다. 이러한 경우 불규칙한 모양의 객체를 표현해야 하는데, 블록 변환기반의 방식으로는 낮은 압축율에서 블록킹 현상이 나타나고 흐려진(blurred) 영상을 복호함으로써, 객체의 특징을 잘 표현하지 못하고, 객체에 대한 구조적 정보를 구성하기 어렵다. 따라서, 낮은 압축율을 목표로 하면서 객체의 형태 및 구조적인 성질의 보전하기 위해서는 객체중심의 내용기반 부호화가 바람직하다. 내용기반 부호화에서 장면내의 객체를 표현할 때, 모양(객체의 윤곽선), 질감(texture), 움직임(motion) 등이 정보가 필수적이다. 특히, 에지로 구성되는 윤곽선 정보는 주관적 화질에 커다란 영향을 끼치므로 부호화시 왜곡이 크지 않도록 해야한다.[4]

일반적으로 윤곽선 부호화를 위해서 사용되는 방법에는 크게 무손실 부호화(lossless coding)와 손실 부호화(lossy) 방식이 있다. 무손실 부호화 방식의 대표적인 방법으로는 체인 코드(chain

본 연구는 한국통신 연구개발본부 표준연구단 멀티미디어 표준팀의 연구비 지원(1997년)하에 수행되었습니다.

code)가 널리 사용되고 있지만, 많은 비트를 요구하므로 초저속 전송시 질감, 움직임 정보를 희생해야 하는 단점이 있다. 손실 부호화 방식은 푸리에 급수(Fourier series)를 이용한 방법, 다각근사화(polygon approximation), 스플라인(spline) 부호화 등이 사용되고 있으나 낮은 비트율에서 모양의 기하학적 왜곡을 발생한다.[5]

본 논문에서는 다각근사화와 이 때 발생하는 윤곽선 오차 신호의 변환 부호화를 결합한 윤곽선 부호화를 제안한다. 객체의 윤곽선 부호화를 위해서, 첫 번째 단계로, 윤곽선상에서 최대 거리를 갖는 꼭지점들을 구해서 다각근사화를 수행한다. 두 번째 단계로, 발생하는 실제 윤곽선과 근사화된 다각형 사이에서 발생하는 오차신호를 다각형의 각변을 따라 일차원 변환 부호화를 수행한다. 영상내의 객체는 일반적으로 타원, 원 등과 같이 완만한 형태의 곡선의 형태를 가지므로 부호화를 위한 변환의 기저 또한 완만한 곡선의 형태를 갖는 것이 바람직하다. 기존의 방식으로는 정현 함수(sinusoidal function)를 기저(kernel)로 하는 푸리에 변환, 이산 여현 변환, 이산 정현 변환 등이 있지만 윤곽선 조각(contour segment)의 양 끝점이 0이라는 특징을 이용하지 못하고 있으며 직선성분은 다각근사화에서 포함하고 있으므로 불필요하게 사용되고 있다. 따라서, 본 논문에서는 윤곽선과 근사화된 다각형간의 오차 신호의 특징을 잘 반영하는 르장드르(Legendre) 다항식 [6]에 기초한 기저를 설계해서 새로운 변환을 제안한다. 제안하는 방법에서는, 다양한 해상도의 화질을 제공하거나, 균일한 비트 발생율을 제공하기 위해 다각근사화시 오차 신호의 최대값, 꼭지점의 갯수, 다각형 각 변에서 윤곽선 표본화율(sampling rate)을 조절할 수 있도록 하였다. 일

반적으로 신호의 압축을 위한 변환은 변환 부호화 이득(transform coding gain)이라는 기준으로 비교 평가하는데, 이산 여현 변환, 이산 정현 변환 등과 비교해볼 때 제안하는 방법이 우수한 결과를 나타내었다.

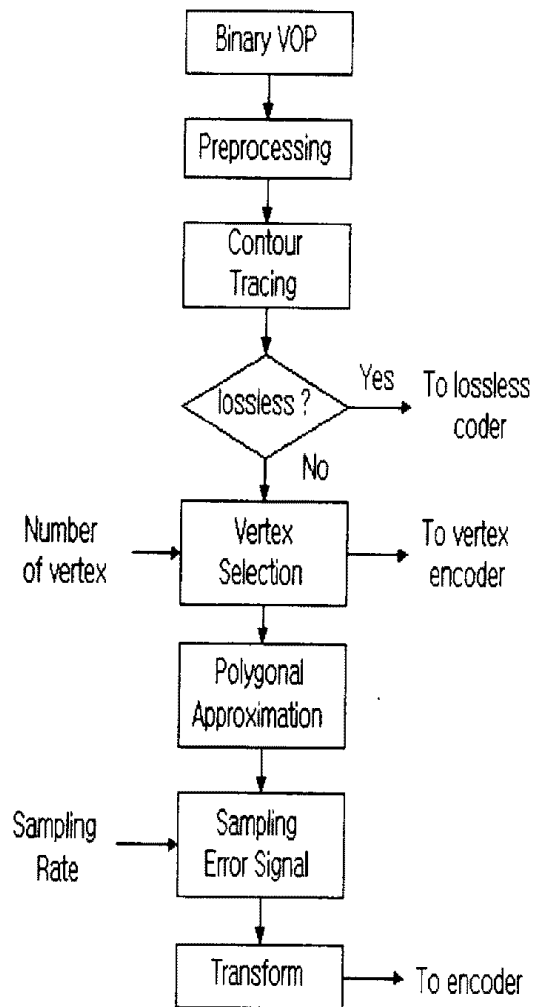


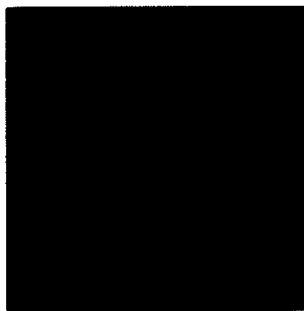
그림 1. 제안하는 알고리즘

## II. 윤곽선의 다각근사화와 표본화

일반적으로 영상내의 객체를 분리하기 위해서는 자동적(automatic) 영상분할(segmentation), 반자동적 영상분할(semi-automatic), 인위적(hand-drawn) 영상분할 등의 기법이 적용되는데 [2], 이 과정에서 주관적 화질에 커다란 영향을 주지 않으면서 데이터량을 증가시키는 불필요한 정보가 포함된다.



(a)

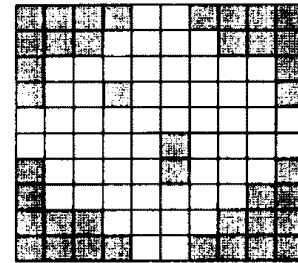


(b)

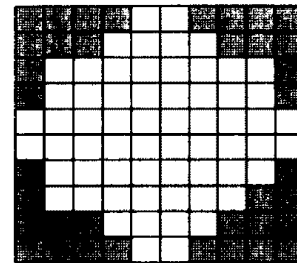
그림 2. (a) QCIF 크기의 Akiyo 영상  
(b) 이진 VOP

이러한 필요없는 정보는 고립된 작은 영역과 작은 윤곽선 조각으로 이루어진다. 고립된 영역을 제거하기 위해 현재 화소를 중심으로 3x3 마스크를 적용하고, 9개의 결과값을 모두 더한 값이 문턱치 보다 작으면 고립된 영역으로 판단해서 해당 화소를 주변 영역의 화소값으로 만든다..

그림 3 (a)는 이진 VOP(Video Object Plan)내에 고립된 영역이 있는 경우이고 (b)는 이를 제거한 경우이다.



(a)



(b)

1	1	1
1	1	1
1	1	1

(c)

그림 3. (a)고립된 영역이 있는 경우  
(b)고립된 영역을 제거한 경우  
(c)3x3마스크

객체 영역내의 고립영역을 제거한 후의 처리 과정으로 에지를 추적해서 윤곽선 정보를 추출한다. 이 과정에서 객체의 모양을 구성하는 윤곽선으로서 가치가 없는 윤곽선 가지(contour fragment)들이 포함되어 있으므로 이것을 제거한다. 그림 4에서 VOP영상에서 객체 영역내의 잡음은 제거되었지만 모양을 나타내는 윤곽선에는 무의미한 윤곽선 가지들이 존재하므로 이를 제거하기 위한 과정을 나타내었다.

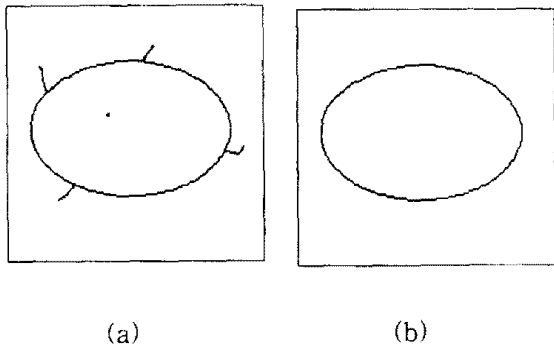


그림 4. (a)무의미한 윤곽선 가지들  
(b)가지들이 제거된 윤곽선

객체의 모양을 구성하는 의미있는 윤곽선 정보를 추출하기 위한 전처리가 수행된 후, 다음 단계로 윤곽선의 다각근사화를 수행한다. 다각근사화 단계의 입력으로는 윤곽선 추적을 통한 윤곽선 위치 정보와 전체 부호의 발생 비트량과 화질을 조절하기 위한 꼭지점 갯수를 받아들여 다음과 같은 단계로 수행된다.

1. 윤곽선 조각(contour segment)에서 윤곽선과 근사화된 다각형 변간의 거리(오차 신호)에 대한 문턱치 설정하고 꼭지점 개수의 최대치를 설정한다..
2. 열린 윤곽선(open contour)일 경우, 그림 4과 같이 초기 선분은 윤곽선의 양끝점을 연결

한 선분  $\overline{AB}$ 로 하고, 닫힌 윤곽선(closed contour)일 경우, 그림 5와 같이 윤곽선상의 최대 거리를 갖는 두 점을 연결한 선분  $\overline{AB}$ 로 설정한다.

3. 다각형의 각 변을 이루는 선분으로 부터 윤곽선 상의 최대 거리를 갖는 점을 찾고, 이때의 거리를 계산한다.
4. 단계 3에서 구한 값이 문턱치 보다 크거나 꼭지점의 개수가 최대 꼭지점 개수보다 적으면, 이 점을 새로운 꼭지점으로 추가한다.
5. 단계 4에서 구한 꼭지점을 포함하는 새로운 다각형으로 윤곽선을 근사화한다.
6. 윤곽선과 다각형 각각의 변과의 최대 거리가 문턱치 보다 적거나 꼭지점의 개수가 최대 꼭지점 개수보다 적으면 단계,3,4,5를 반복 수행한다.

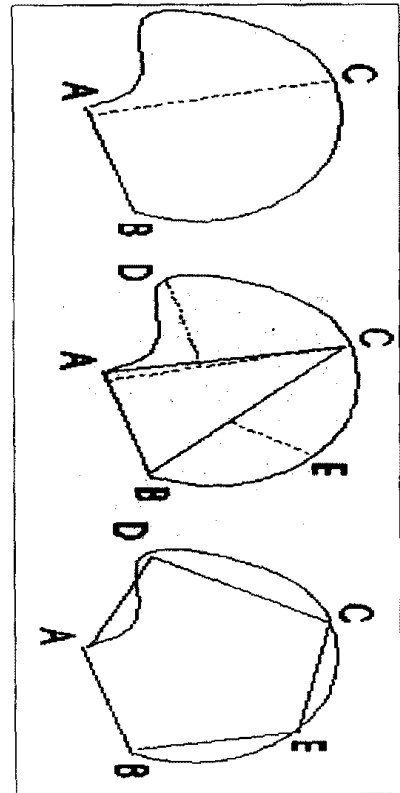


그림 5. 윤곽선 다각근사화

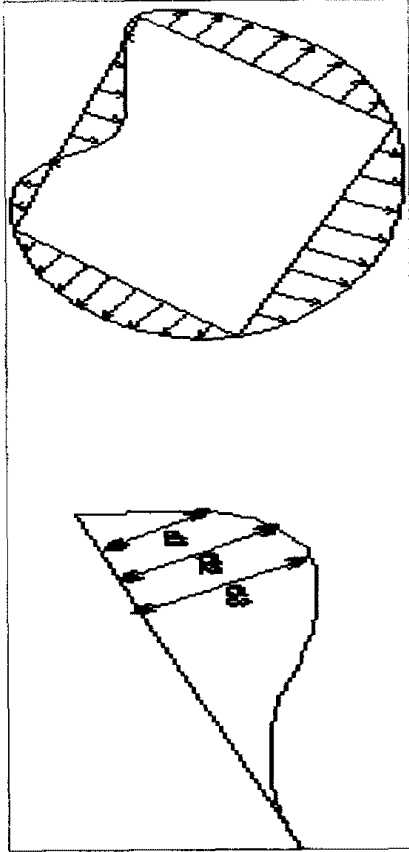


그림 6. 오차신호

윤곽선과 근사화된 다각형간의 오차 신호를 주어진 표본화율에 따라 표본화한다. 그림 6은 근사화된 다각형 각변에서의 윤곽선과의 오차 신호를 표본화하는 과정을 나타내고 다각형의 각 변에서 표본화된 값  $d_1, d_2, \dots, d_n$  이 변환 부호화의 대상이 된다.

### III. 르장드르 다항식에 기반한 새로운 기저의 설계

다각근사화된 윤곽선만으로는 주관적 화질이 매우 떨어지므로, 원래의 윤곽선과 근사화된 직선간의 오차를 작은 정보량으로 보상하기 위해 변환 부호화를 수행한다. 본 논문에서는 다각근사화된 윤곽선 조각에서 나타나는 특징 즉 윤곽선 조각은 직선이 아닌 완만한 곡선이고 0값을 갖는 양 끝점이라는 점을 잘 반영하기 위해서 르장드르 다항식에 기반한 새로운 다항식 기저를 제안한다.

윤곽선의 일부가 직선인 경우는 다각근사화시 다각형의 한 변으로 근사화 되므로, 본 논문의 실험에서 사용된 기저는 첫 번째 기저를 2차 다항식으로 부터 시작한다. 또한, 디지털 영상에 적용하기 위해서, 기저가 정의되는 연속 버팀 (support)을  $n+2$ 점 표본화를 수행해서 이산 버팀을 갖도록 한다. 양 끝점이 0이기 때문에  $n+2$ 점 표본화를 수행해서  $n$ 개의 기저들을 생성할 수 있는데,  $n$ 번째 기저는  $n-1$ 번째까지의 기저들과 식 (1)의 정규 직교 조건 및 식(2)의 경계조건으로부터 구한다.

$$\langle b_i, b_j \rangle = \begin{cases} 0 & i \neq j \\ 1 & i = j \end{cases} \quad (1)$$

$$b_i(-1) = 0 \quad b_i(1) = 0 \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$b_1(x) = -(x+a_1)(x-a_1)$$

$$b_2(x) = x(x+a_2)(x-a_2)$$

$$b_3(x) = (x+a_3)(x-a_3)(x+b_3)(x-b_3)$$

⋮

$$b_n(x) \quad (3)$$

그림 7은 표본화율 N=8 일 때, 식(1), 식(2)의 정규 직교 조건과 식(3)으로 부터 유도해서 제안하는 정규 직교 기저를 나타내고 있다.

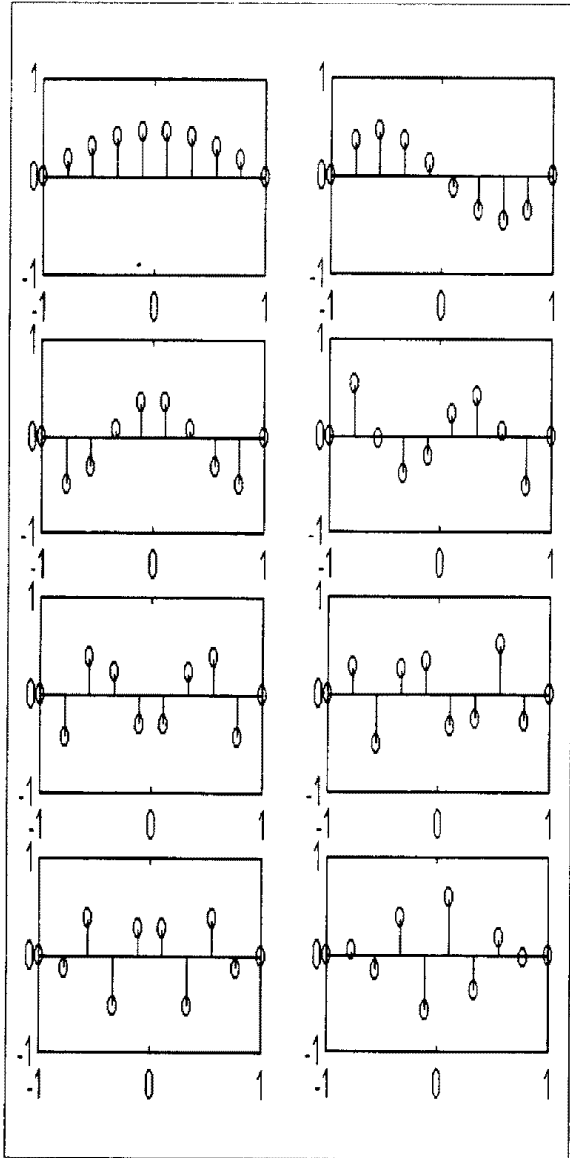


그림 7. 표본화율 N=8일 때, 제안하는 기저

#### IV. 실험 결과 및 고찰

본 실험에서는 내용 정보 부호화시 필요한 윤곽선 정보를 부호화하기 위해서, 윤곽선을 다각형으로 근사화하고 윤곽선과 근사화된 다각형간에 발생하는 오차 신호를 표본화해서 표본화된 신호를 변환 부호화하고 변환 부호화 이득이라는 기준으로 각 변환의 성능을 비교 분석한다.

일반적으로 영상 압축을 위한 직교 변환에서 널리 사용되고 있는 식(4)의 이산 여현 변환은 첫 번째 기저가 직선 성분을 나타내는데, 윤곽선상의 직선은 다각근사화시 다각형의 변으로 포함되고 윤곽선 조각의 양 끝점이 0이라는 특징 때문에 필요하지 않다. 따라서, 이산 여현 변환을 이용한 윤곽선의 다각근사화에서 발생하는 오차 신호의 변환 부호화의 방식에서는 비효율적이다. 식(5)의 이산 정현 변환은 비교적 신호의 상관도 (correlation)이 낮을 때 효율적이지만, 윤곽선이 합성 영상을 주로 구성하는 원 및 타원과 같이 완만한 곡선일 경우에는 상관도가 비교적 높기 때문에 효율이 떨어진다.

이산 여현 변환

$$E(k) = \frac{2}{N} C(k) \sum_{n=0}^{N-1} e(n) \cos \frac{\pi(2n+1)k}{2N}$$

$$e(n) = C(k) \sum_{k=0}^{N-1} E(k) \cos \frac{\pi(2n+1)k}{2N}$$

$$C(k) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{for } k=0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

(4)

이산 정현 변환

$$E(k) = \sqrt{\frac{2}{N+1}} \sum_{n=0}^{N-1} e(n) \sin \frac{\pi(k+1)(n+1)}{N+1}$$

$$e(n) = \sqrt{\frac{2}{N+1}} \sum_{k=0}^{N-1} E(k) \sin \frac{\pi(k+1)(n+1)}{N+1}$$
(5)

변환부호화이득

일반적으로, 압축 부호화를 목적으로 신호를 변환하는 경우는 신호내의 용장성(redundancy)을 줄여 부호화시 효율을 높이는 데 있다. 식(6)의 변환 부호화 이득은 변환 계수의 에너지 집중도(energy compactness)를 의미하므로 신호 압축을 위한 직교 변환의 성능을 부호화 관점에서 평가할 수 있다[7].

$$G_{TC} = \frac{\frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} \sigma_j^2}{\left( \prod_{j=0}^{N-1} \sigma_j^2 \right)^{\frac{1}{N}}}$$
(6)

실험은 자연 영상(natural scene)으로 QCIF 크기의 Akiyo 이진 알파 플레인(binary alpha plane) 영상과 인공 영상(synthetic)으로 원 영상과 타원 영상을 대상으로 하였다. 그림 8은 입력 영상과 다각근사화시 최대 거리 문턱치를 12로 처리한 결과를 나타내고 있다.

표1은 최대 거리 문턱치, 표본화율을 변화시키면서 각 영상에 이산 여현 변환, 이산 정현 변환, 제안하는 변환을 적용해서 변환 부호화 이득을 나타내었다. 윤곽선의 다각근사화시 꼭지점의 갯

수를 제한하는 최대거리 문턱치는 10, 12로 변환시키면서 실험하였다. 문턱치를 너무 작게하는 경우 윤곽선이 너무 많이 분할되어 윤곽선 조각의 오차 신호들이 오차신호에 대한 변환 부호화의 효율을 저하시키는 요인이 된다. 일반적으로 데이터의 표본화율을 높이고 커널을 갯수를 늘려서 변환할수록 변환 부호화 이득은 개선되지만 처리의 복잡도가 증가하는 상충적인 관계를 가지므로 본 논문의 실험에서는 표본화율을 4-8까지 변화시켰다. 이산 여현 변환은 다각근사화 된 윤곽선 조각의 특징을 잘 반영하고 있지 못하므로 변환 부호화 이득면에서 볼 때 그 성능이 이산 정현 변환이나 제안하는 변환에 비해 떨어진다. 제안하는 변환은 이산 정현 변환과 전체적인 성능면에서 비슷하였다. 그 이유는 이산 정현 변환의 커널과 제안하는 변환의 커널이 시간영역이나 주파수 영역에서 비슷한 성질을 갖고 있기 때문이다. 그러나, 타원, 원 등의 경우에는 최대 거리 문턱치가 크고 표본화율이 클수록 제안하는 방법이 우수한 성능을 나타내고 있다. 따라서, 자연적인 영상의 윤곽선 보다는 그래픽(graphic), 애니메이션(animation) 영상에서 주로 표현되는 완만한 곡선 즉 윤곽선이 타원, 원 등의 구성 요소로 되어 있는 경우 다각근사화된 윤곽선에 대해 이산 여현 변환이나 이산 정현 변환 보다 효율적으로 부호화할 수 있다. 자연적인 영상과 인공 합성 영상이 복합된 경우에는 이산 정현 변환과 제안하는 방법을 적용적으로 선택해서 적용하면 단일 방법만을 적용하는 경우 보다 우수한 결과를 얻을 것으로 생각된다.

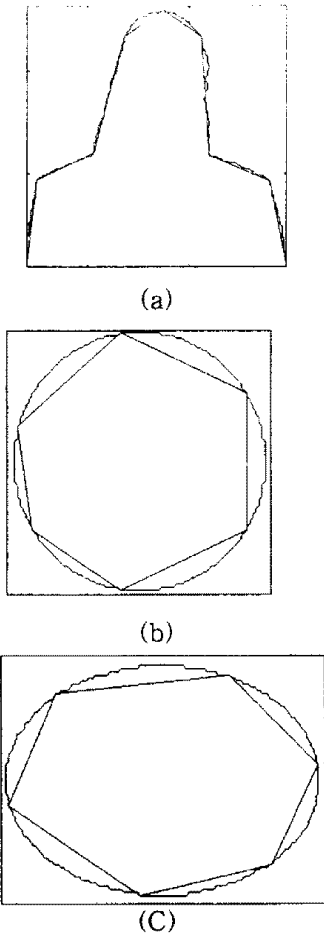


그림 8. (a)Akiyo 윤곽선의 다각근사화 (b) 원 윤곽선의 다각근사화 (c)타원 윤곽선의 다각근사화

참고문헌

[1] 김용한, "MPEG-4 현황", 한국통신학회지, 제14권 제9호, pp.27-43, 1997년 9월.  
 [2] 원치선, "내용기반 영상압축을 위한 영상분할", 한국통신학회지, 제14권 제9호, pp.96-106, 1997년 9월.  
 [3] 정제창, 그림으로 보는 최신MPEG, 교보문고, 1995  
 [4] A.K. Jain, Fundamentals of digital image processing, Prentic-Hall, 1989

[5] J.L.Kim, J. Kim, J.T.Kim, J.H.Kim, H.S. Kim, K.H. Chang and S.D. Kim, "Daewoo proposal for object scalability", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 (MPEG) committee document MPEG95/M0554, Munich, Jan. 1996  
 [6] E. Kreyszig, Advanced Engineering Mathematics, 6th Edition, John Wiley&Sons, 1988  
 [7] A.N. Akansu and R.A. Haddad, Multiresolution signal decomposition, Academic Press, 1992

표1. 변환 부호화 이득 비교

입력 영상	표본 화율	문턱 치	이산여현 변환	이산정현 변환	제안하는 변환
Akiyo	5	10	1.7254	2.1323	2.0949
		12	2.0906	2.6293	2.3742
	6	10	1.7384	1.9559	1.9120
		12	1.6621	1.7199	1.7364
	7	10	1.7832	1.9416	1.9514
		12	2.1008	2.2930	2.2357
	8	10	1.9059	2.1881	2.1515
		12	2.0213	2.6555	2.5673
타원	5	10	2.3312	2.7925	2.6709
		12	4.6286	4.6643	5.5805
	6	10	2.2727	2.4481	2.4863
		12	4.7232	4.3171	4.8231
	7	10	2.5242	2.9597	2.9661
		12	6.0346	6.8704	7.7657
	8	10	2.5344	3.0983	2.9101
		12	6.7443	7.2218	8.5468
원	5	10	2.8320	3.4586	3.5028
		12	3.0617	5.9161	5.0469
	6	10	2.5240	3.3541	3.4643
		12	6.5715	8.8740	10.0354
	7	10	2.9240	4.1460	3.9559
		12	7.5400	10.0030	10.7798
	8	10	3.2397	3.9791	3.8867
		12	6.5348	10.4332	12.2072