

論文98-35S-11-17

분할 기반 영상 부호화를 위한 효율적 윤곽선 부호화

(Efficient Contour Coding for Segmentation-Based Image Coding)

金紀錫*, 朴英植**, 宋根遠***, 鄭義潤***, 金容奭***,
河永浩***

(Gi Seok Kim, Young Sik Park, Kun Woen Song, Eui Yoon Chung,
Yong Suk Kim, and Yeong Ho Ha)

요 약

영역 기반 부호화 시 윤곽선의 정보량은 부호화 후 전체 정보량의 큰 부분을 차지한다. 본 논문에서는 분할 기반 영상 부호화를 위한 새로운 적응적 윤곽선 부호화 기법을 제안한다. 주변 영역간의 대비를 고려하여 적응적으로 윤곽선을 부호화하는 제안한 기법을 적용하여 주관적 화질의 저하 없이 전체 윤곽선 정보량을 줄일 수 있다. 영상에 형태학적 분수계 알고리즘을 적용하여 영역별로 분할한 후, 윤곽선 세그먼트들을 인접 영역간의 대비에 따라 분류한다. 분류된 윤곽선 세그먼트 중, 낮은 대비 영역 사이의 윤곽선 세그먼트들은 형태학적 저역 통과 필터 등에 의해 크게 압축할 수 있다. 실험을 통해 제안한 윤곽선 부호화 기법은 초저속 환경 하에서 우수한 수행 결과를 나타내었다.

Abstract

The contour coding usually occupies the biggest part in the encoded bitstream, which causes the bottleneck problem of a region-based coding scheme. In this paper, new adaptive contour coding technique is proposed for the segmentation-based image coding. By adaptive contour coding considering contrast of neighbor regions in the proposed method, the overall bitrate can be significantly reduced without loss of the subjective image quality. After segmentation using watershed algorithm to the image, the contour segments are classified according to the contrast of the adjacent regions. Then, the contour segments between classified low contrast regions are highly compressed using morphological low pass filtering. The needed bits for encoding the contour information is reduced without loss of subjective image quality in the experiment.

I. 서 론

영상, 음성, 등과 같은 다양한 멀티미디어 정보 중에서 정보 전달 효과가 가장 큰 영상 정보에 대한 수

요가 나날이 급증하고 있다. 그러나 디지털 영상 정보는 음성이나 문자 정보에 비해 정보량이 상대적으로 방대하므로 제한된 전송 채널이나 저장 매체 하에서의 효율적인 활용을 위해서는 정보량을 감축시키는 것이

* 正會員, 慶州大學校 컴퓨터·情報工學部
(School of Computer & Information Engineering, Kyongju University)

** 正會員, 三星電子 無線事業部
(Wireless Terminal Division, Samsung Electronics)

*** 正會員, 慶北大學校 電子電氣工學部
(School of Electronic & Electrical Engineering, Kyungpook National University)

接受日字: 1997年6月19日, 수정완료일: 1998年8月6日

필수적이다. 이를 위해 많은 영상 압축 기법들이 제안되어 왔으며, JPEG(Joint Photographic Experts Group)^[1,2]과 MPEG(Moving Picture Experts Group) 등의 산업 표준이 이루어져 왔다.^[3] 이와 병행하여 현존하는 전송망 중에서 가장 널리 이용되고 있는 PSTN(Public Switched Telephone Network)과 최근 각광받고 있는 이동 통신망 등을 이용한 다양한 디지털 A/V 서비스에 대한 요구가 증가하고 있다. 그러나 이러한 초저속 환경에서 기존의 표준화된 부호화 방법은 화질의 저하를 유발한다. 즉, 블럭 기반 부호화는 비트율이 떨어질수록 블럭화 현상(blocking effect) 등이 발생하여 화질의 열화가 심해진다. 이러한 문제를 해결하기 위해 내용 기반 부호화(content-based coding)가 연구되고 있다.^[4] 즉, 초저속 환경에서 영상을 블럭 단위가 아닌 객체(object)나 영역(region) 중심으로 부호화하려는 연구가 시도되고 있다. 영상의 내용을 고려한 차세대 영상 부호화 기법으로서 분할 기반 부호화(segmentation-based coding),^[5-8] 객체 기반 부호화(object-based coding)^[9-10] 및 모델 기반 부호화(model-based coding)^[11] 등이 연구되고 있다.

객체 기반 부호화, 모델 기반 부호화 등은 영상에 대한 사전 지식을 가지고 객체와 배경을 분리하여 객체 단위로 부호화하는 방법으로, 높은 압축률을 얻을 수 있지만 입력 영상의 내용에 대한 사전 지식에 기반한 전제 조건이 필요하며 배경과 전경을 분리해야 한다. 영역 단위로 처리하는 윤곽선-질감(contour-texture) 접근 기법인 분할 기반 부호화 기법은 임의의 영상에 적용이 가능하다. 분할 기반 부호화 기법은 인간 시각 특성이 영상의 윤곽선에 민감하다는 점을 고려하여 영상을 동질 영역별로 분할하여 윤곽선과 질감을 별도로 부호화하는 기법이다.

분할 기반 영상 부호화 시, 영상의 동질 영역별 분할이 끝난 후 영역의 윤곽선과 질감이 부호화되어야 한다. 영역 기반 부호화 기법에서 과다한 윤곽선 정보는 최종적으로 부호화할 때 병목 현상의 요인이 된다. Gu와 Kunt^[12]는 윤곽선의 정보량을 줄이고자 모든 윤곽선에 대해 비선형 필터를 적용하여 윤곽선을 단순화하였다. 이 방법은 윤곽선 정보량을 줄이지만 모든 영역의 윤곽선에 대해 동일한 단순화를 시행하므로 화질의 큰 저하를 초래한다.

윤곽선 부호화 기법은 크게 무손실 부호화(lossless

coding) 기법과 손실 부호화(lossy coding) 기법으로 나누어진다. 그러나 체인 코딩(chain coding) 같은 무손실 부호화 기법은 부호화 후 많은 비트량을 차지하고, 수리 형태학(mathematical morphology)적 형태 표현(shape representation)^[13]이나 골격화(skeleton), 다각형 근사화(polygonal approximation)^[14] 등의 손실 부호화 기법은 화질의 저하를 초래할 수 있다.

본 논문에서는 무손실 부호화 기법과 손실 부호화 기법을 복합한 적응적 윤곽선 부호화 기법을 제안하여 초저속 환경 하에서 화질의 저하를 줄였다. 높은 대비(contrast)를 가진 두 영역간의 윤곽선 세그먼트들은 화질에 큰 영향을 끼치므로 무손실 부호화 기법을 사용하여 부호화하고, 대비가 낮은 두 영역간의 세그먼트들은 화질의 손상이 거의 없이 형태학적 전처리 필터에 의한 손실 부호화 기법을 적용하여 높은 압축률을 얻는다. 즉, 인접 영역간의 대비에 따라 무손실 부호화 기법과 손실 윤곽선 부호화 기법을 복합적으로 사용하여 객체의 윤곽선을 효율적으로 부호화하여 화질의 저하를 거의 주지 않고 높은 압축 효과를 얻을 수 있다.

II. 영역 기반 영상 부호화를 위한 영상 분할

분할 기반 부호화 시 분할된 영상은 각각의 분할된 물체별로 윤곽선과 내부 질감을 표현하는 윤곽선-질감 부호화를 거친다. 일반적인 분할 기반 부호화의 블럭도는 그림 1과 같으며, 입력 영상을 동질 영역 별로 분할하여 분할된 영역들을 윤곽선과 질감을 별도로 부호화한다.

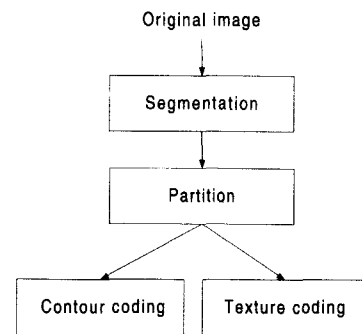


그림 1. 분할 기반 부호화

Fig. 1. Segmentation-based coding.

1. 수리 형태학적 필터

집합 이론에 기반한 수리 형태학은 영상에서 물체에 대한 형태, 크기 및 대비 등의 다양한 특징을 추출할 수 있다.^[15-17] 또한 영상에서 동질성과 연속성을 만족하는 부분에 대한 특징의 추출이 효과적이므로 영상 분할 영상 분할에 적용할 수 있다.

형태소의 명암도가 0이고 면적만 있는 경우에, $f(x)$ 는 입력 영상이며, M_n 은 크기 n 인 형태소일 때 명암도 dilation δ_n 과 erosion ε_n 은 다음과 같이 정의된다. 그리고 opening γ_n 과 closing ϕ_n 은 두 기본 연산의 조합으로 이루어진다.

$$\delta_n(f)(x) = \text{Max}\{f(x-y), y \in M_n\} \quad (1)$$

$$\varepsilon_n(f)(x) = \text{Min}\{f(x+y), y \in M_n\} \quad (2)$$

$$\gamma_n(f)(x) = \delta_n(\varepsilon_n(f)(x)) \quad (3)$$

$$\phi_n(f)(x) = \varepsilon_n(\delta_n(f)(x)) \quad (4)$$

Opening과 closing이 각각 형태소와 맞지 않는 밝거나 어두운 미소 영역을 제거하지만 윤곽선이 변형될 수 있다. 윤곽선 정보를 완전히 보존하기 위해서 reconstruction 과정이 사용된다.^[18] Reconstruction 필터 사용의 목적은 opening이나 closing에 의해 완전히 제거되지 않은 영역의 윤곽선을 복원하는 것이다. Reconstruction 필터는 geodesic dilation과 geodesic erosion을 기본 연산으로 사용한다. 크기 1의 geodesic dilation은 원 영상 $f(x)$ 의 크기 1의 dilation과 기준 영상 $r(x)$ 사이의 최소값으로 정의되고, 크기 1의 geodesic erosion은 원 영상 $f(x)$ 의 크기 1의 erosion과 기준 영상 $r(x)$ 사이의 최대값으로 정의된다.

$$\delta^{(1)}(f, r) = \text{Min}\{\delta_1(f), r\} \quad (5)$$

$$\varepsilon^{(1)}(f, r) = \text{Max}\{\varepsilon_1(f), r\} \quad (6)$$

Geodesic dilation과 geodesic erosion을 변화가 없을 때까지 수행하는 연산을 reconstruction by dilation, reconstruction by erosion이라 하며 각각 아래와 같이 정의된다.

$$\gamma^{(rec)}(f, r) = \delta^{(\infty)}(f, r) = \dots \delta^{(1)}(\dots \delta^{(1)}(f, r) \dots, r) \quad (7)$$

$$\phi^{(rec)}(f, r) = \varepsilon^{(\infty)}(f, r) = \dots \varepsilon^{(1)}(\dots \varepsilon^{(1)}(f, r) \dots, r) \quad (8)$$

형태학적 영상 처리 시 복원될 원 영상의 중요한

밝거나 어두운 영역 요소를 마커(marker)라 부른다. 마커는 원하는 요소의 존재를 확인하는 이진 영역이며, 원 윤곽선의 복원을 위한 이 영역의 처리가 reconstruction 필터에 의해 이루어진다. 윤곽선 정보의 보존을 위해 사용되는 opening by reconstruction과 closing by reconstruction은 각각 아래와 같다.

$$\gamma^{(rec)}(\varepsilon_n(f), f) \quad (9)$$

$$\phi^{(rec)}(\delta_n(f), f) \quad (10)$$

Opening by reconstruction과 closing by reconstruction은 형태학적 필터이지만 단순화 효과는 opening과 closing보다 적다. Opening에 의해 완전히 제거되지 않은 밝은 영역과 closing 후 남은 어두운 영역은 reconstruction 필터에 의해 복원되어서 윤곽선이 보존된다.

잡음이 많은 일반적 영상인 경우에 영역의 윤곽선이 손상되어 있으므로 위의 두 필터는 영역의 윤곽선을 완전히 복원하기에 적절하지 못하다. 이러한 경우에는 reconstruction 절차의 참조 영상 f 를 크기 k 의 미소 형태소에 의한 opening $\gamma_k(f)$ 에 의해 영역의 형태를 부드럽게 한다. 이러한 필터가 partial reconstruction 필터이며 opening by partial reconstruction과 closing by partial reconstruction은 각각 아래와 같다.

$$\gamma^{(rec)}(\varepsilon_n(f), \gamma_k(f)) \quad (11)$$

$$\phi^{(rec)}(\delta_n(f), \phi_k(f)) \quad (12)$$

2. 계층적 영상 분할

수리 형태학을 이용한 영상 분할은 상위 계층에서 하위 계층으로의 계층적 구조로 이루어져 있으며, 첫 번째 계층에서는 영상의 단순화된 분할을 행하고, 다음 계층에서는 앞 계층에서 분할된 각 영역을 적절히 새로운 영역들로 분할한다.^[5] 각 계층에서의 분할 과정은 크게 단순화(simplification), 마커 추출 및 결정(decision) 단계로 구성되며 이는 그림 2와 같다.

그림 2의 한 분할 계층에서 단순화 단계는 영상을 분할에 용이하도록 만드는 전처리 과정이며, 현 계층에서 유지되어야 할 정보를 제어한다. 두 번째 단계가 단순화된 영역 정보를 이용하여 특징을 추출하여 영상의 국부 동질성을 평가하는 특징 추출 단계이며, 수리

형태학에서 마커 추출이라 부른다. 마커는 동질한 영역이나 객체의 존재를 알리는 이진 영역이다. 결정 단계에서는 원 영상과 마커 영상이 입력이 되며 각 마커는 객체의 존재를 가리킨다. 결정 단계에서 분수계 알고리즘을 적용해서 라벨링(labeling)된 영상을 최종적으로 얻게 된다.

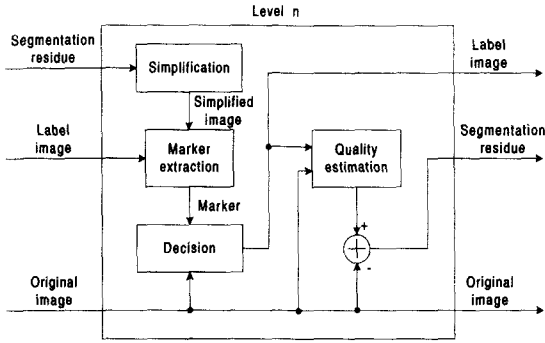


그림 2. 수리 형태학에 기반한 계층적 영상 분할
Fig. 2. Hierarchical image segmentation based on mathematical morphology.

첫 번째 계층에서의 분할 결과는 다음 계층에서 더 세부적인 분할을 하게 되며 현 계층의 부호화 결과 영상과 원 영상과의 차영상(coding residue)에 따라 분할의 적절성을 파악한다. 영상 분할의 전체 계층은 그림 2를 연속적으로 연결함으로써 얻어진다.

단순화 단계는 영역의 윤곽선을 유지하면서 영역 내부의 질감 성분을 평탄화하고 잡음 성분을 제거하여 분할하기에 용이하도록 영상을 단순화하는 과정이다. 이때 형태소의 크기를 조절하여 영상의 정보량을 조절한다. 분할을 위한 전처리로서 선형 필터를 사용하면 윤곽선을 보존할 수 없고 평탄한 영역을 얻지 못한다. 윤곽선을 잘 보존하고 영역의 평탄화를 잘 이루는 필터는 open_close by reconstruction 필터이다. 잡음이 많은 일반 영상과 연속 영상의 3차원 분할을 위해서는 식 (11)과 (12)를 순차 적용한 open_close by partial reconstruction 필터를 이용하여 단순화한다.

영상 분할을 위한 효율적인 형태학적 접근 기법이 마커 추출과 이에 따르는 분수계 알고리즘이다. 마커는 결정 단계에서 세밀하게 윤곽선이 결정될 동질 영역의 존재를 가리키는 이진 신호이다. 이때 마커는 동질한 영역의 내부를 표시하며 마커가 되지 않은 부분은 불확실 영역(uncertainty region)이 되어 결정 단계에서 하나의 영역으로 사상(mapping)된다. 그림 3

에서 네 개의 영역이 있는 경우의 예를 보였다. 마커 추출을 위해서 형태학적 기율기, 평탄한 동질 영역의 면적 및 대비가 큰 영역 등을 이용한다. 형태학적 기율기 영상으로부터 마커를 추출하면 각 계층에서 많은 마커가 발생하는 단점이 있으며, 대비를 이용한 마커 추출은 하위 계층으로 갈수록 단순화 단계에서 사용한 형태소의 크기에 의존성이 높고, 또한 작은 영역 제거 시 문턱값에 따라 분할 결과의 의존성이 큰 단점이 있다. 평탄한 동질 영역의 면적을 이용한 마커 추출은 단순화 단계에서 생성된 평탄한 영역들을 라벨링한 다음 각 라벨링된 영역의 면적이 문턱값 이상인 영역을 마커로 삼는다. 이때 널리 사용되는 문턱값은 단순화 단계에서 사용한 형태소의 면적이다. 평탄한 동질 영역의 면적을 이용한 마커 추출은 계층적 영상 분할 구조에서 비교적 안정된 영역 분할을 얻을 수 있다.

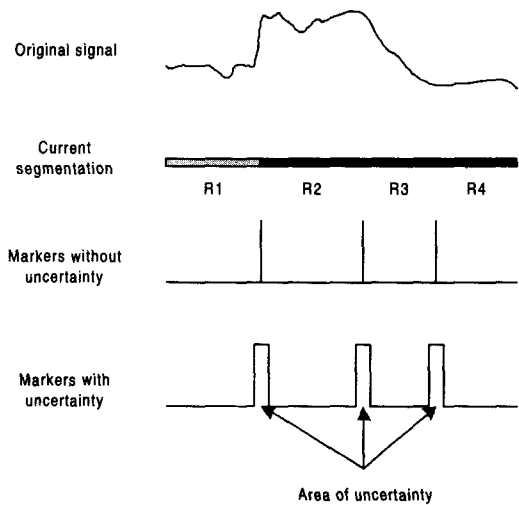


그림 3. 분할에 따른 마커 추출
Fig. 3. Marker extraction from the current segmentation.

영역 결정 단계는 마커를 추출한 후 영역이 결정되지 않은 불확실한 화소들에 대하여 영역을 결정하는 단계이다. 분수계^[5,19,20]는 catchment basin이라 불리는 영상의 명암도 사면을 각각의 국부 최소 영역으로 병합시켜 준다. 명암도 고도가 다른 최소 화소(minima)에 도달하면 이 최소 화소도 활성화되며 이들 국부 최소 영역들로부터 범람이 시작된다. 두개의 서로 다른 국부 최소 영역으로부터의 범람이 만나게 되면 가상의 댐(dam)을 만든다. 이 절차는 계층적 큐

를 이용한 알고리즘^[5]이 가장 효율적이다. 계층적 큐를 이용한 영역 결정은 그림 4와 같다. 계층적 큐를 이용한 불확실 영역에 대한 결정을 위해 먼저 이전 단계에서 추출된 마커 화소들을 큐에 넣는다. 큐에서 마커 화소들을 꺼내면서 인접 불확실 영역과의 명암도 차를 구한다. 하나의 불확실한 화소는 인접 마커 화소와의 명암도 차를 구한 다음 가장 명암도 차가 적은 마커 화소가 속한 영역에 할당한다. 이때 명암도 차가 큰 화소는 우선 순위가 낮으므로 명암도 차가 작은 우선 순위가 높은 불확실한 화소들이 먼저 영역 결정을 한 후 영역을 결정한다. 이때 하나의 불확실한 화소가 영역 결정이 되면 그 영역의 명암도 평균값을 갱신한 후 반복 수행하게 된다. 분수계 알고리즘은 수리 형태학에서 주요한 결정 도구의 하나이며 객체의 윤곽선을 얻기 위해서 분할할 영상의 기울기에 따라 작용한다. 즉, 윤곽선은 형태학적 기울기 영상의 밝은 선들과 일치한다. 하지만 형태학적 기울기에 의한 직접적인 분할은 극단적인 과분할(oversegmentation)을 초래한다.

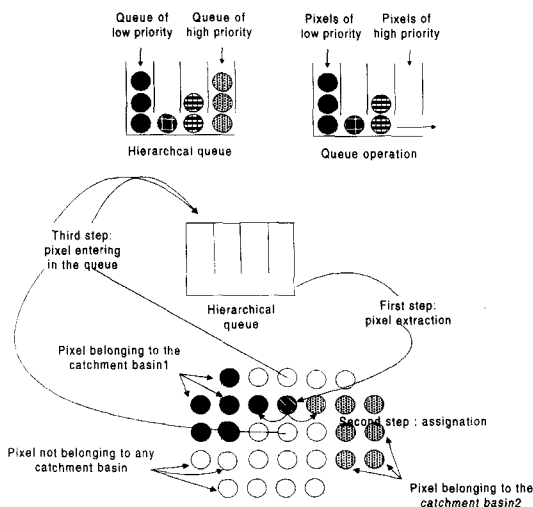


그림 4. 계층적 큐를 이용한 분수계 알고리즘
Fig. 4. The implementation of watershed algorithm with a hierarchical queue.

III. 제안한 적응적 윤곽선 처리

윤곽선-질감 접근 기법인 분할 기반 부호화 기법은 임의의 영상에 적용이 가능한 장점이 있으나, 윤곽선 정보량이 상대적으로 많으므로 부호화된 비트열에서 병목 현상을 유발한다.^[12] 그러므로 본 논문에서 제

안한 알고리즘의 핵심인 적응적 윤곽선 처리 기법을 이용하여 주관적 화질을 유지하면서 방대한 윤곽선 정보를 효율적으로 압축하고자 한다. 기존의 손실 없는 단순한 체인 코딩을 사용하여 윤곽선을 부호화하면 윤곽선 정보량이 전체 정보량의 많은 부분을 차지한다. 이러한 윤곽선 정보량을 줄이고자 기존의 단순한 체인 코딩 대신에 새로운 형태학적 전처리 필터에 의한 효율적인 윤곽선 표현 기법을 제안한다. 윤곽선을 효율적으로 표현하기 위하여 인간 시각 시스템에 기초하여 다각형 근사화, multiscale closing 등에 대해 연구하였다. 라벨링된 각각의 영역에 대해 주변 영역의 대비에 따라 변형된 체인 코딩과 다각형 근사화 등의 다양한 부호화 기법이 사용된다. 본 논문에서는 윤곽선 손실 부호화 기법으로 다각형 근사화 기법과 새로운 형태학적 저역 통과 필터(low pass filter)에 의한 전처리 기법을 제안하였다. 대비가 낮은 영역간의 윤곽선 세그먼트와 대비가 높은 영역간의 윤곽선 세그먼트에 각각 손실 부호화 기법과 무손실 부호화 기법을 사용하였다. 이를 통하여 초저속 환경 하에서도 주관적 화질을 유지하면서 PSNR 등의 객관적 척도도 상당히 보존하였다. 그리고 질감 부호화로는 동질 영역 내의 평균값 사상을 사용하였다.

1. 윤곽선 세그먼트의 분류

영역에 기반한 영상 분할 후에는 영역 라벨링된 영상이 얻어진다. 이러한 라벨링된 영상에 대해 윤곽선 화소가 영역을 침범하거나 편향되지 않는 정밀한 고려를 위하여 그림 5와 같이 영상 격자(lattice)로부터 가상의 윤곽선 격자로의 사상이 필요하다. 이러한 가상의 윤곽선 격자로의 사상을 통하여 격자 크기는 다음과 같이 변한다 :

$$M \times N \rightarrow (2M + 1) \times (2N + 1). \quad (13)$$

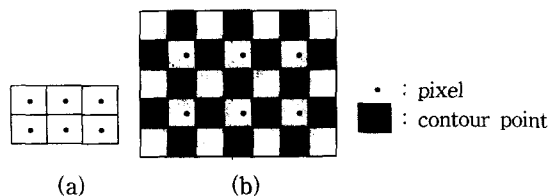


그림 5. 영상 격자로부터 윤곽선 격자로의 사상 (a) 영상 격자 (b) 윤곽선 격자
Fig. 5. Mapping from image lattice to contour lattice. (a) Image lattice. (b) Contour lattice.

분할된 이웃 영역간의 대비에 따라 서로 다른 윤곽선 단순화 기법을 적용하기 위해서는 윤곽선 세그먼트의 라벨링이 선행된 후 이 윤곽선 세그먼트의 분류(classification)가 행해져야 한다. 그림 6과 같이 윤곽선의 교차점(crossing point)을 추출하고, 두 교차점간의 윤곽선 세그먼트를 추적(tracing)하면서 각 윤곽선 세그먼트의 라벨링을 하게 된다. 윤곽선 세그먼트 라벨링 시에는 한 교차점에서 라벨링을 시작하여 윤곽선 세그먼트를 추적하면서 윤곽선 화소에 동일 번호를 부여하고, 교차점을 만나면 라벨링 번호를 1 증가시켜 추적을 반복한다. 모든 윤곽선 화소가 라벨링 될 때까지 이 과정을 반복하면 라벨링된 윤곽선 세그먼트들을 얻을 수 있다.

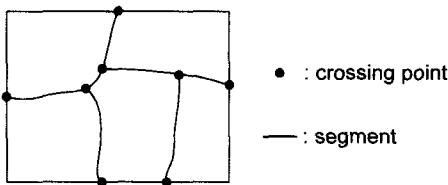


그림 6. 윤곽선 세그먼트의 교차점
Fig. 6. The crossing points of contour segments.

라벨링된 윤곽선 세그먼트를 부호화하기 앞서, 적응적 윤곽선 처리를 하기 위한 세그먼트들의 분류가 필요하다. 교차점을 제외한 세그먼트들은 두 개의 영역에만 접해 있으므로 인접 두 영역간의 대비가 분류의 척도로서 사용된다.

$$c(a, b) = |f(a) - f(b)| \quad (14)$$

여기서 a 와 b 는 두 인접 영역의 좌표이고 $f(\cdot)$ 는 그 위치의 명암도 값이며 $c(\cdot, \cdot)$ 는 두 영역간의 대비이다. 인간 시각 시스템의 특성상 인접 영역간의 명암도 차가 작을 경우에는 분별이 거의 되지 않는다. 그러므로 분류된 낮은 대비를 가진 영역간의 윤곽선 세그먼트들에 대하여 제안된 손실 부호화 기법을 통해 주관적 화질의 저하 없이 높은 압축 효과를 얻을 수 있다.

2. 다각형 근사화

초저속 환경 하에서는 낮은 대비 영역간의 윤곽선 세그먼트에 대해 높은 압축률을 얻고자 다각형 근사화 기법의 적용이 가능하다.^[14] 다각형 근사화 기법은

길이가 긴 윤곽선 세그먼트의 좌표 열을 근사화된 다각형 변의 꼭지점의 좌표들로 표현하므로 그 자체로는 높은 압축 효과를 볼 수 있다. 좋은 다각형 근사화 결과를 얻기 위해서 오차의 기준으로 원 윤곽선 세그먼트로의 근접 정도를 평가한다. 세그먼트 주변의 두 영역간의 대비가 낮더라도 세그먼트의 길이가 아주 짧다면 다각형 근사화의 결과 비트열이 체인 코딩의 결과보다 정보량이 많아진다. 그러므로 세그먼트의 길이에 따른 고려도 필요하다. 윤곽선 세그먼트의 길이가 길다면 윤곽선 세그먼트에 대한 부호화는 체인 코딩보다 다각형 근사화 기법이 초저속 환경 하에서 압축 효율이 더 높다.

3. 형태학적 저역 통과 필터

이웃한 두 영역간의 대비가 낮은 윤곽선 세그먼트들에 대해 다각형 근사화 기법을 적용하고 나머지 윤곽선 세그먼트들에 대해서는 단순히 체인 코딩 기법을 사용하면 부호화 시에 두 가지 기법을 사용하므로 정보량의 압축을 완전히 효율적으로 할 수는 없다. 즉, 각 윤곽선 세그먼트별 부호화 시에 단순 체인 코딩인지 다각형 근사화인지의 부가 정보(overhead)가 필요하다. 이는 형태학적 골격화나 형태 표현을 낮은 대비 영역간의 윤곽선 세그먼트에 적용하여도 마찬가지이다. 또한 다각형 근사화 시 다각형 꼭지점을 적게 잡으면 윤곽선이 다른 제 3의 영역으로 침범할 수 있다. 그리고 전처리로써 윤곽선 단순화를 행하면 윤곽선 부호화는 임의의 기법을 적용할 수 있다.

그림 7에 보인 바와 같이 분류된 대비가 낮은 영역간의 윤곽선 세그먼트들에 대하여 전처리로써 대비에 따른 적응적 multiscale closing을 제안하였다. 즉, 대비가 작을수록 큰 형태소를 사용하여 해당 윤곽선 세그먼트를 단순화한다. 그러므로 최종 부호화 시에는 부가 정보의 필요 없이 윤곽선을 체인 코딩 한가지 기법으로 부호화하면서 정보량을 효율적으로 줄일 수 있다. 이러한 closing에 사용되는 형태소로는 런길이 부호화(run length coding) 시의 압축 효과를 높이기 위해 그림 8과 같은 네 가지의 직선형 형태소를 사용하여 윤곽선의 방향 변화를 줄일 수 있게 하였다. 여기서 수평 형태소 SE_3 및 수직 형태소 SE_4 의 직선 사이의 0은 그림 5에서 보인 바와 같이 영상 격자로 부터 윤곽선 격자로의 사상에 기인한 것이다. 비선형 저역 통과 필터의 효과와 윤곽선 방향의 균일화를 위

하여, 분류된 윤곽선 세그먼트들에 대하여 다음과 같은 네 가지 형태소에 의한 형태학적 closing을 제안하였다.

$$S(I \bullet SE) = S(S(S(S(I \bullet SE_1) \bullet SE_2) \bullet SE_3) \bullet SE_4) \quad (15)$$

여기서 \bullet 은 형태학적 closing을 나타내고, I 는 입력 영상, SE_i 는 그림 8에 나타낸 네 가지 직선형 형태소이다. 그리고 $S(\cdot)$ 는 선택(selection) 필터이다. SE_3 와 SE_4 에 의한 수평 closing과 수직 closing시 고려되는 윤곽선 화소가 다르다. 즉, 논문의 그림 4의 윤곽선 격자에 보인 것처럼 수평 closing은 짝수 화소(even line)에 영향을 주고, 수직 closing은 홀수 화소(odd line)에 영향을 주도록 고려하였다. 그러므로 SE_3 와 SE_4 에 의한 closing시 고려되지 않는 line이 존재한다. 윤곽선 격자 상에서 각 방향성 closing 후 선택 필터를 통과시켜 두꺼워지는 윤곽선을 처리하였다. 즉, 윤곽선 격자 상에서 1이 되는 점을 기준으로 3×3 창 내에 윤곽선 화소 수가 4이상이면 잉여 화소를 제외하였다. 그 우선 순위는 3×3 창 내에서 화소를 고려하여 현 윤곽선 세그먼트의 끝점이 있으면 이를 우선하고 그 외는 연결성만 유지하고 제외시키고, 끝점이 없는 경우에는 시작점부터 윤곽선을 추적해오다가 직전의 방향을 유지하고 그 외 주변 잉여 화소는 윤곽선에서 제외시킨다.

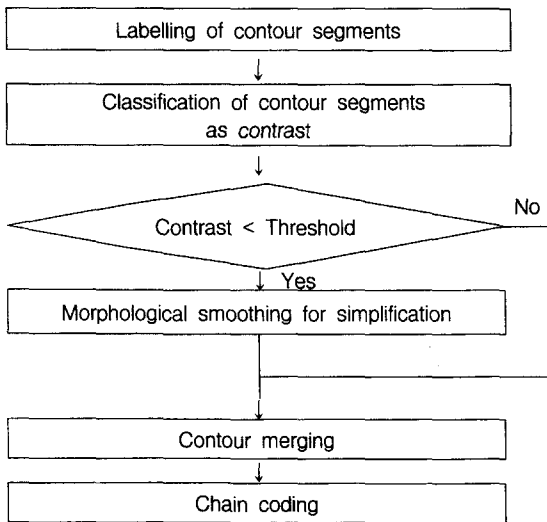


그림 7. 적응적 윤곽선 부호화
Fig. 7. The procedure of adaptive contour coding.

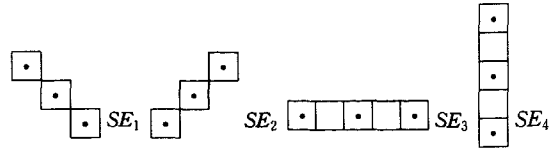


그림 8. 낮은 대비 영역간의 윤곽선에 대한 형태학적 저역 통과 필터에 사용된 네 가지 형태소(\bullet 은 1을 나타냄)

Fig. 8. Four structuring elements used in morphological low pass filtering for contour segments between classified low contrast regions. (\bullet represents 1)

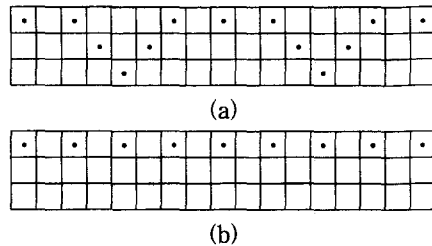


그림 9. 제안된 형태학적 저역 통과 필터 기법에 의한 윤곽선 처리의 예 (a) 원 윤곽선 세그먼트 (b) 처리된 윤곽선 세그먼트

Fig. 9. The example of contour processing using proposed morphological low pass filtering. (a) Original contour segment. (b) Processed contour segment.

대비가 낮은 두 영역간의 윤곽선 세그먼트에 전처리로서 제안한 필터 기법을 적용하면 윤곽선 추적 시 윤곽선의 화소 수가 줄고, 특히 방향 변화가 적어지게 되어 최종 런길이 부호화 시에 윤곽선 정보량을 많이 감소시킬 수 있다. 그림 9는 실험에서 사용된 윤곽선 세그먼트의 일부분이며, 제안한 형태학적 저역 통과 필터에 의해 윤곽선의 화소수가 감소되고 윤곽선 세그먼트의 방향성을 유지시키는 예를 보인 것이다. 이 예를 통해 윤곽선 세그먼트의 화소 수가 13개에서 9개로 줄고, 윤곽선의 방향이 6번 변화했다가 형태학적 필터를 통과한 후 윤곽선 세그먼트의 방향 변화가 없게 되었음을 볼 수 있다. 물론 모든 윤곽선 세그먼트가 적응적 윤곽선 처리 후 이 예처럼 대폭적으로 변화하는 것이 아니고, 낮은 대비 영역간의 윤곽선 세그먼트만 제안된 형태학적 필터에 의해 평탄화 처리되므로 전체적인 윤곽선 정보량의 감소는 윤곽선 세그먼트 분류를 위한 이웃하는 영역간 대비의 문턱치에 따라 달라진다. 제안된 적응적 윤곽선 처리를 통해 인간 시각

에 거슬리지 않는 윤곽선에 대하여 1차원 직선형의 형태소를 사용한 closing 필터를 행하므로 윤곽선의 방향이 상당히 균일화되어 런길이 부호화 시 정보량을 많이 줄이게 된다.

그림 10에서 가상의 영상에 대한 적응적 윤곽선 처리의 간단한 예를 보였다. 여기에서 그림 10(a)는 분할 과정이 끝난 후의 영상으로 각 영역 안의 숫자는 분할 시 사상된 해당 영역의 평균 명암도이고, 그림 10(b)는 제안된 적응적 윤곽선 처리 후의 윤곽선 영상으로 윤곽선 세그먼트 분류를 위한 이웃 영역간 대비의 문턱치는 주관적으로 거의 느낄 수 없는 10인 경우이다. 명암도 차이가 큰 영역간의 윤곽선 세그먼트들은 손실 없이 보존하고 명암도의 차이가 낮은 영역 사이의 윤곽선 세그먼트들은 단순화시키는 적응적 윤곽선 처리의 예를 볼 수 있다. 이를 통해 제안된 적응적 윤곽선 처리 기법을 적용하면 주관적 화질의 저하 없이 윤곽선 정보량을 효과적으로 줄이고 부호화 시 부가 정보도 필요 없음을 알 수 있다.

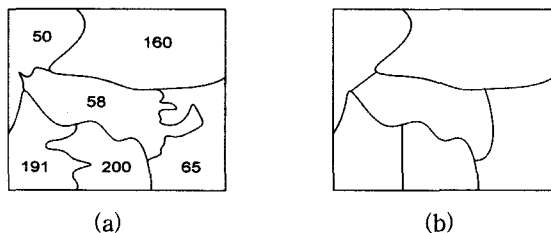


그림 10. 적응적 윤곽선 처리의 예 (a) 원 윤곽선 (영역 내의 숫자는 각 영역의 평균 명암도를 나타냄) (b) 처리 후의 윤곽선

Fig. 10. The example of adaptive contour processing. (a) Original contour. (The numbers represent the mapped mean value of texture) (b) After adaptive contour processing.

IV. 실험 및 고찰

제안된 적응적 윤곽선 처리를 이용한 영상 부호화의 실험을 위해 176×144 크기의 QCIF 형식의 Claire와 Foreman 영상을 영역 분할 후 사용하였으며, 윤곽선 부호화를 위해 순수한 체인 코딩과 제안된 두 가지 기법을 각각 비교하였다. 실험에서 체인 코딩은 윤곽 상태를 이용한 여섯 방향 윤곽 부호화^[21] 기법을 적용하여 적응적 윤곽선 단순화 전후를 비교하였다. 그림 11의 Claire 영상에서 (a)는 원 영상이고, (b)는 형태

학적 분수계(morphological watershed) 기법에 의해 분할된 영상이며, (c)는 분할된 영상의 윤곽선 격자로의 사상에 의한 윤곽선 영상이다. 영상을 동질 영역으로 분할 시 매개변수에 따라 분할 결과가 달라질 수 있으나 본 실험에서는 윤곽선 처리의 비교가 관심이므로 그림 5(b)의 윤곽선 격자에 대하여 실험하였으며, (d)는 윤곽선의 단순 체인 코딩과 평균값에 의한 질감 사상에 의해 복원된 영상이다.

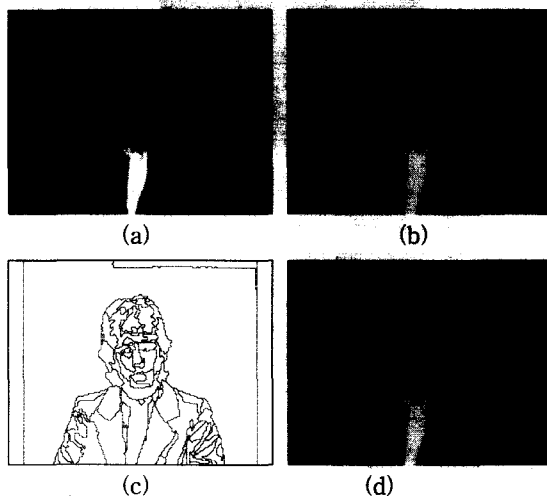


그림 11. Claire 시퀀스에 대한 실험 결과 (a) 원 영상 (b) 분할된 영상 (c) 추출된 윤곽선 (d) 단순 체인 코딩에 의해 복원된 영상

Fig. 11. The experimental result for Claire. (a) Original image. (b) Segmented image. (c) Extracted contour. (d) Reconstructed image using pure chain coding.

분할된 Claire 영상의 낮은 대비 영역간의 윤곽선 세그먼트에 대해 다각형 근사화 기법을 적용하고 그의 윤곽선 세그먼트는 체인 코딩을 적용한 실험 결과는 그림 12와 13에 나타내었으며, 윤곽선 세그먼트의 분류를 위한 대비의 문턱치는 각각 10과 20을 사용하였다. 여기서 (a)는 분류된 낮은 대비 영역간의 윤곽선 세그먼트이고, 이에 대해 다각형 근사화를 하고 나머지 윤곽선은 손실 없이 처리하여 복합적으로 나타낸 영상이 (b)이며, 영역의 질감을 평균값 사상하여 복원한 영상이 (c)이다. 이 기법은 인간 시각에 거의 영향을 주지 않으면서 윤곽선 세그먼트들의 정보량을 상당히 감소시킬 수 있으나 최종 부호화 시의 부가 정보가 낮은 대비 영역간 윤곽선 세그먼트들의 정보량 감소 효과를 상쇄시키므로 실제 부호화 시에는 적용하기에 적당하지 못하다.

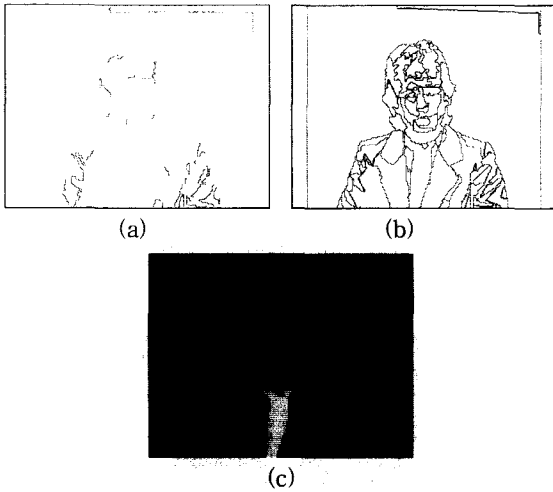


그림 12. 다각형 근사화 기법에 의한 윤곽선 처리 결과 (윤곽선 분류의 문턱치 : 10) (a) 분류된 낮은 대비 영역간의 윤곽선 (b) 복합 부호화의 결과 영상 (c) 복원된 영상

Fig. 12. Simulation result of the contour processing with polygonal approximation. (The threshold for contour segment classification : 10) (a) The contour segments between classified low contrast regions. (b) The result image of hybrid coding. (c) Reconstructed image.

분류된 윤곽선에 대해 부가 정보 없이 최종 부호화 시 정보량을 줄일 수 있도록 제안한 형태학적 closing 필터에 의한 적응적 윤곽선 처리 기법을 영역 분할된 Claire와 Foreman 영상에 대해 실험하였다.

먼저 Claire 영상에 대한 실험 결과를 그림 14, 15 및 16에 나타내었으며, 각각 10, 20 및 30이 그림 7에 나타난 낮은 대비 영역간의 윤곽선 세그먼트 분류를 위해 사용된 문턱치이다. 여기서 (a)는 분류된 낮은 대비 영역간의 윤곽선 세그먼트이고, 이에 대해 형태학적 저역 통과 필터로써 제안한 closing을 사용한 결과 영상이 (b)이다. 제안한 형태학적 closing 필터를 사용할 때 그림 8의 네 가지 형태소를 순차적으로 적용하여 최종 부호화를 통해 높은 압축률을 얻을 수 있다. 그림에서 보듯이 낮은 대비 영역간의 윤곽선 세그먼트에 대해 커다란 형태의 변화 없이 높은 압축 효과를 볼 수 있다. 형태학적 저역 통과 필터를 낮은 대비 영역간의 윤곽선에 적용하고 나머지 윤곽선은 손실 없이 처리하여 복합적으로 나타난 영상이 (c)이며, 영역의 질감을 평균값 사상하여 복원한 영상이 (d)이다.

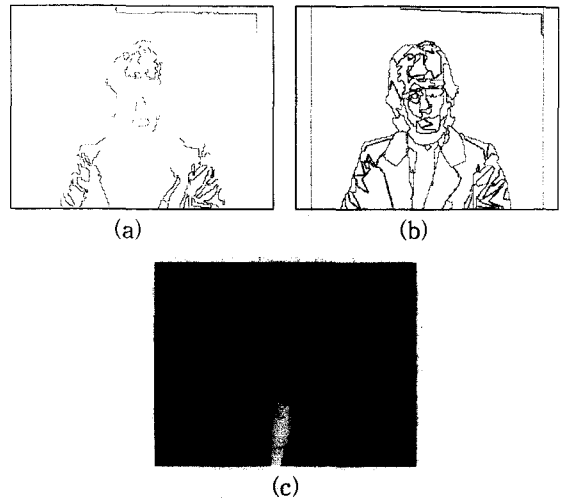


그림 13. 다각형 근사화 기법에 의한 윤곽선 처리 결과 (윤곽선 분류의 문턱치 : 20) (a) 분류된 낮은 대비 영역간의 윤곽선 (b) 복합 부호화의 결과 영상 (c) 복원된 영상

Fig. 13. Simulation result of the contour processing with polygonal approximation. (The threshold for contour segment classification : 10) (a) The contour segments between classified low contrast regions. (b) The result image of hybrid coding. (c) Reconstructed image.

이 기법은 윤곽선 부호화 전에 전처리로 사용되므로 부가 정보 없이 주관적 화질을 유지하면서 윤곽선 정보량을 크게 압축할 수 있다.

Claire 영상에 대한 실험 결과를 통해 적응적 윤곽선 부호화가 주관적 화질을 유지함을 알 수 있었고, 객관적 화질의 저하 정도를 알기 위해 아래의 PSNR을 이용하였다. 표 1에서 각 실험 결과 영상의 PSNR을 나타내었으며, 대비가 낮은 영역간의 윤곽선 세그먼트에 제안된 손실 부호화를 적용할 때 주관적 화질은 물론이고 객관적 화질도 거의 저하되지 않음을 알 수 있다. 제안한 형태학적 closing 필터에 의한 적응적 윤곽선 처리를 통한 영상 부호화의 결과를 표 2에 나타내었으며 각 경우에 대한 윤곽선 화소의 개수, 윤곽선 화소당 평균 비트량 및 전체 윤곽선 화소의 비트량을 보여준다. 실험을 통하여 제안된 적응적 형태 표현 기법을 적용하면 화질의 별 저하 없이 윤곽선 정보량은 17% 이상 줄일 수 있음을 확인하였다.

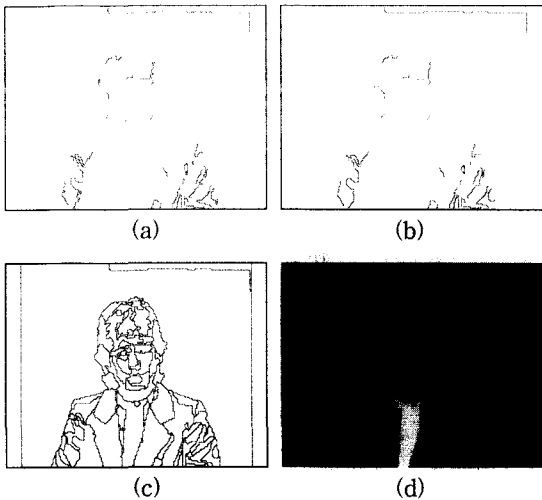


그림 14. 형태학적 저역 통과 필터링 기법에 의한 윤곽선 처리 결과. (윤곽선 분류의 문턱치 : 10) (a) 분류된 낮은 대비 영역간의 윤곽선. (b) 낮은 영역간의 윤곽선에 대한 닫힘의 결과. (c) 복합 부호화의 결과 영상. (d) 복원된 영상.

Fig. 14. Simulation result of contour processing with morphological low pass filtering. (The threshold for contour segment classification : 10) (a) The contour segments between classified low contrast regions. (b) The result image of closing to the contour segments between classified low contrast regions. (c) The result of hybrid coding. (d) Reconstructed image.

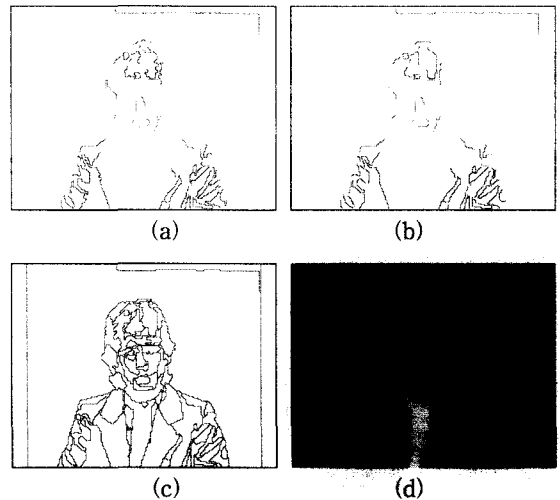


그림 15. 형태학적 저역 통과 필터링 기법에 의한 윤곽선 처리 결과 (윤곽선 분류의 문턱치 : 20) (a) 분류된 낮은 대비 영역간의 윤곽선 (b) 낮은 영역간의 윤곽선에 대한 닫힘의 결과 (c) 복합 부호화의 결과 영상 (d) 복원된 영상

Fig. 15. Simulation result of contour processing with morphological low pass filtering. (The threshold for contour segment classification : 20) (a) The contour segments between classified low contrast regions. (b) The result image of closing to the contour segments between classified low contrast regions. (c) The result of hybrid coding. (d) Reconstructed image.

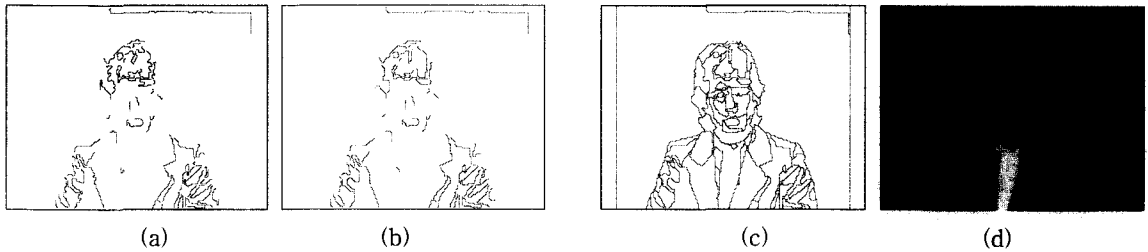


그림 16. 형태학적 저역 통과 필터링 기법에 의한 윤곽선 처리 결과 (윤곽선 분류의 문턱치 : 30) (a) 분류된 낮은 대비 영역간의 윤곽선 (b) 낮은 영역간의 윤곽선에 대한 닫힘의 결과 (c) 복합 부호화의 결과 영상 (d) 복원된 영상

Fig. 16. Simulation result of contour processing with morphological low pass filtering. (The threshold for contour segment classification : 30) (a) The contour segments between classified low contrast regions. (b) The result image of closing to the contour segments between classified low contrast regions. (c) The result of hybrid coding. (d) Reconstructed image.

표 1. Claire 영상의 PSNR 비교

Table 1. Comparison of PSNR for Claire.

Method	Threshold	PSNR[dB]
Conventional method	•	27.665
Proposed adaptive polygonal approximation	10	27.394
	20	27.343
Proposed adaptive closing method	10	27.416
	20	27.398
	30	27.381

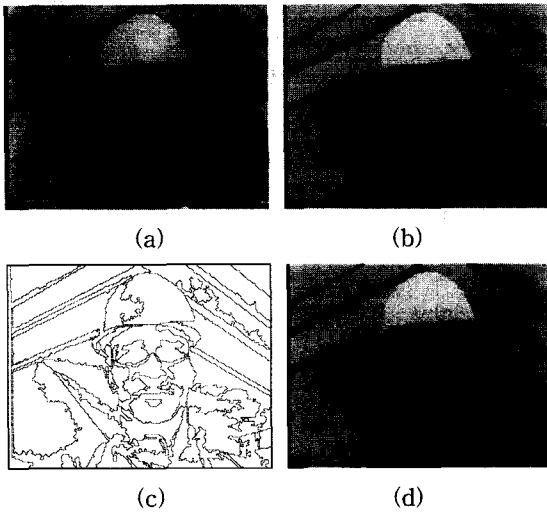


그림 17. Foreman에 대한 실험 (a) 원 영상 (b) 분할된 영상 (c) 추출된 윤곽선 (d) 단순 체인 코딩에 의해 복원된 영상

Fig. 17. The experiment to Claire. (a) Original image. (b) Segmented image. (c) Extracted contour. (d) Reconstructed image using pure chain coding.

전송 환경에 따라 화질이 다소 저하되더라도 더 높은 압축이 필요한 경우가 있으므로, Foreman 영상에 대한 실험을 그림 17~20에 나타내었다. 형태학적 필터에 의한 처리 결과가 그림 18, 19 및 20이며, 문턱치를 각각 10, 20 및 30으로 하여 분류한 낮은 대비 영역간의 윤곽선 세그먼트들이 (a)에 나타나 있고 각 경우의 제안된 알고리즘을 적용한 결과가 (b)이다. 분석 결과를 표 3과 4에 나타내었는데, 화질을 첫 번째 실험보다 조금 저하시키면 60% 이상의 윤곽선 정보량 압축 효과를 볼 수 있음을 알 수 있다.

표 2. Claire 영상의 부호화 결과

Table 2. The results of coding for Claire.

Method	Threshold	No. of contour pixel	Bits per contour pixel	Contour bits
Conventional method	•	3050	1.500	4575
Proposed adaptive closing method	10	2909	1.469	4273
	20	2829	1.439	4071
	30	2748	1.418	3897

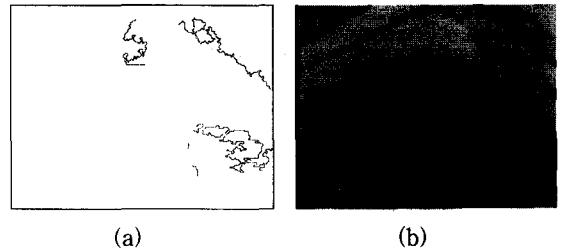


그림 18. 형태학적 저역 통과 필터링 기법에 의한 윤곽선 처리 결과 (윤곽선 분류의 문턱치 : 10) (a) 분류된 낮은 대비 영역간의 윤곽선 (b) 복원된 영상

Fig. 18. Simulation results of contour processing with morphological low pass filtering. (The threshold for contour segment classification : 10) (a) The contour segments between classified low contrast regions. (b) Reconstructed image.

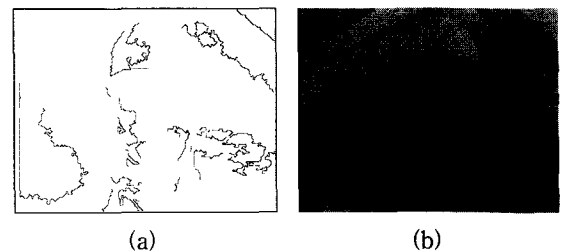


그림 19. 형태학적 저역 통과 필터링 기법에 의한 윤곽선 처리 결과 (윤곽선 분류의 문턱치 : 20) (a) 분류된 낮은 대비 영역간의 윤곽선 (b) 복원된 영상

Fig. 19. Simulation results of contour processing with morphological low pass filtering. (The threshold for contour segment classification : 20) (a) The contour segments between classified low contrast regions. (b) Reconstructed image.

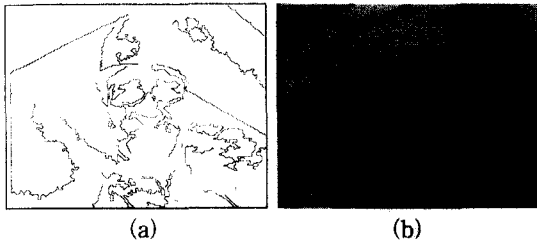


그림 20. 형태학적 저역 통과 필터링 기법에 의한 윤곽선 처리 결과 (윤곽선 분류의 문턱치 : 30) (a) 분류된 낮은 대비 영역간의 윤곽선 (b) 복원된 영상

Fig. 20. Simulation results of contour processing with morphological low pass filtering. (The threshold for contour segment classification : 30) (a) The contour segments between classified low contrast regions. (b) Reconstructed image.

표 3. Foreman 영상의 PSNR 비교

Table 3. Comparison of PSNR for Foreman.

Method	Threshold	PSNR[dB]
Conventional method	•	23.408
Proposed adaptive closing method	10	22.855
	20	22.587
	30	22.346

표 4. Foreman 영상의 부호화 결과

Table 4. The results of coding for Foreman.

Method	Threshold	No. of contour pixel	Bits per contour pixel	Contour bits
Conventional method	•	5596	1.576	8712
Proposed adaptive closing method	10	4771	1.548	7280
	20	3980	1.530	5964
	30	3614	1.508	5325

V. 결론

본 논문에서는 영역에 기반한 영상 부호화를 할 때 분할 후 부호화 시 정보량이 방대한 윤곽선 정보에 대하여 주관적 화질의 저하 없이 높은 압축률을 얻고자 손실과 무손실 윤곽선 부호화를 복합적으로 적용한 적응적 윤곽선 부호화 기법을 제안하였다. 영역 기반 부호화 기법은 윤곽선과 질감을 별도로 부호화하는데, 부호화 시 윤곽선 정보가 병목 현상을 유발하므로 적응적 윤곽선 처리를 통하여 이를 해결하여 초저속 환경 하에서의 적용이 용이하도록 하였다. 인간 시각 시

스템의 특성을 고려하여 주변 영역간의 대비에 따라 윤곽선 세그먼트를 분류하고 손실과 무손실 윤곽선 부호화를 복합적으로 적용하여 초저속 환경 하에서 좋은 화질이 유지될 수 있다. 제안한 첫 번째 기법에서는 다각형 근사화를 이용하여 높은 압축 효과를 볼 수 있으나 윤곽선 부호화 시 부가 정보가 필요하였다. 이를 해결하고자 부가 정보 없이 효율적 전처리 기법으로써 형태학적 저역 통과 필터인 복합적인 형태소에 의한 closing을 사용하는 기법을 제안하였다. 평균값 사상된 이웃 영역간의 대비에 따라 윤곽선 세그먼트들을 분류하여 낮은 대비 영역간의 윤곽선 세그먼트만 형태학적 저역 통과 필터로 처리하고 그 외 윤곽선은 화질 유지를 위해 보존하였다. 선별적 윤곽선 처리가 끝난 다음 체인 코딩으로 전체 윤곽선을 부호화하였다. 이 기법을 적용하여 낮은 대비 영역간의 윤곽선 세그먼트들이 방향 변화가 적고 윤곽선 화소수가 줄도록 효과적으로 처리하였다. 실험을 통해 주관적 화질을 유지 하면서 윤곽선 처리를 효율적으로 함을 볼 수 있었다. 제안한 기법은 윤곽선 처리에 의한 부호화에 대한 적용이 효율적이나 윤곽선을 적응적으로 처리할 때 문턱치 설정에 대한 연구가 필요하다. 그리고 반복적인 형태학적 연산을 효과적으로 하드웨어로 구현하기 위한 측면의 연구가 계속되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] W. B. Pennebaker and J. L. Mitchell, *JPEG Still Image Data Compression Standard*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1993.
- [2] G. K. Wallace, "The JPEG still picture compression standard," *Commun. ACM*, vol. 34, no. 4, pp. 31-44, Apr. 1991
- [3] D. LeGall, "MPEG: A video compression standard for multimedia application," *Commun. ACM*, vol. 34, no. 4, pp. 47-58, Apr. 1991
- [4] M. Kunt, A. Ikonomopoulos, and M. Kocher, "Second generation image coding techniques," *Proc. IEEE*, vol. 73, pp. 549-575, Apr. 1985.
- [5] P. Salembier, "Hierarchical morphological segmentation for image sequence coding," *IEEE Trans. Image Processing* vol. 3, no. 5, pp. 639-651, Sep. 1994.

- [6] M. Pardas and P. Salembier, "3D morphological segmentation and motion estimation for image sequence," *Signal Processing* vol. 38, no. 1, pp. 31-43, Jul. 1994.
- [7] P. Salembier, "Morphological multiscale segmentation for image coding," *Signal Processing* vol. 38, no. 3, pp. 359-386, Aug. 1994.
- [8] W. Li and M. Kunt, "Morphological segmentation applied to displaced frame difference coding," *Signal Processing* vol. 38, no. 1, pp. 45-56, Jul. 1994.
- [9] M. Hötter, "Optimization and efficiency of an object-oriented analysis-synthesis coder", *IEEE Trans. on Circuits and System for Video Technology*, vol. 4, no. 2, June 1994.
- [10] J. Ostermann, "Object-based analysis-synthesis coding(OBASC) based on the source model of moving flexible 3-D objects", *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 3, no. 5, Sep. 1994.
- [11] K. Aizawa, H. Harashima, T. Saito, "Model-based analysis-synthesis image coding(MBASIC) system for a person's face," *Signal Processing: Image Communication*, vol. 1, no. 2, pp.139-152, Oct. 1989.
- [12] C. Gu and M. Kunt, "Contour simplification and motion compensated coding," *Signal Processing : Image Communication*, vol. 7, pp. 279-296, 1995.
- [13] P. Brigger and M. Kunt, "Morphological shape representation for very low bit-rate video coding," *Signal Processing : Image Communication*, vol. 7, pp. 297-311, 1995.
- [14] G. S. Kim, Y. S. Park, K. W. Song, and Y. H. Ha, "Adaptive contour representation based on morphological segmentation," *IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems '96*, pp. 141-144, Nov. 1996.
- [15] J. Serra, *Image Analysis and Mathematical Morphology - vol. I*, Academic Press, London, 1982.
- [16] J. Serra, *Image Analysis and Mathematical Morphology - vol. II*, Academic Press, London, 1988.
- [17] P. Maragos, "Pattern spectrum and multiscale shape representation," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. 11, no. 7, pp. 701-716, 1989.
- [18] P. Salembier and P. Brigger, "Morphological operators for image and video compression," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 5, no. 6, pp. 881-898, Jun. 1996.
- [19] L. Vincent and P. Soille, "Watersheds in digital space," *IEEE Trans. PAMI*, vol. 13, no. 6, pp. 583-598, Jun. 1996.
- [20] P. T. Jackway, "Gradient watersheds in morphological scale-space," *IEEE Trans Image Processing*, vol. 5, no. 6, pp. 913-921, Jun. 1996.
- [21] 홍원학, 허진우, 김남철, "윤곽 상태를 이용한 여섯 방향 윤곽 부호화," *방송공학회논문지*, 제1권, 제1호, pp.35-42, 1996년.

저 자 소 개

金 紀 錫(正會員) 第 34卷 S編 第 11號 參照

현재 : 경주대학교 컴퓨터·정보공
학부 전임강사

朴 英 植(正會員) 第 34卷 S編 第 11號 參照

현재 : 삼성전자 무선사업부 대리

宋 根 遠(正會員) 第 35卷 S編 第 8號 參照

현재 : 경북대학교 대학원 전자공
학과 박사과정

鄭 義 潤(正會員)



1969年 6月 16日生 1992년 경북대
학교 전자공학과(공학사). 1997년
경북대학교 대학원 전자공학과(공학
석사). 1997년~현재 경북대학교 대
학원 전자공학과 박사과정. 주관심
분야는 영상분할, 영상압축, 컴퓨터비전 등임.

金 容 興(正會員) 第 34卷 S編 第 9號 參照

河 永 浩(正會員) 第 35卷 S編 第 8號 參照

현재 : 경북대학교 전자전기공학부
교수