論文97-34S-11-12

초저속 부호화를 위한 계층적 구조와 대조를 이용한 영역 병합에 의한 영상 분할

(Image Segmentation Based on Hierarchical Structure and Region Merging Using Contrast for Very Low Bit Rate Coding)

宋根遠 *, 金紀錫 **, 朴英植 *, 李晧榮 *, 河永浩 *

(Kun Woen Song, Gi Seok Kim, Young Sik Park, Ho Young Lee, and Yeong Ho Ha)

요 약

본 논문에서는 객관적인 화질 및 주관적인 화질의 저하를 방지하면서 분할기반 초저속 부호화시 병목 현상을 유발하는 과다한 윤곽선 정보를 효과적으로 줄이는 새로운 영상 분할 알고리듬을 제안한다. 제안한 방법은 수리 형태학에 기반한 4계층의 계층적 영상 분할과 두 인접 영역간의 대조를 이용한 영역 병합 구조로 이루어져 있다. 영역 병합은 3번째 계층에서 분할된 각 영역내에서 4번째 계층에서 새로이 분할된 두 인접 영역의 쌍들에 대하여 각각 대조를 구한 다음, 대조가 문턱 값 이하인 두 인접 영역중 가장 낮은 대조를 나타내는 두 영역을 우선 영역 병합한다. 그리고 병합된 영역에 대하여 질감 정보를 갱신한 다음 이를 반복 수행한다. 실험을 통하여 제안한 방법은 객관적인 화질 및 주관적인 화질면에서는 기존의 방법과 유사하나 분할된 영역의 개수를 현저히 줄여 전송해야 할 질감 정보는 평균 46.65% 줄일 수 있었으며 특히, 윤곽선 정보를 평균 23.95% 줄여 분할기반 부호화시 발생하는 병목 현상을 효과적으로 개선할 수 있었다.

Abstract

In this paper, a new image segmentation method reducing efficiently contour information causing bottleneck problem at segmentation-based very low bit rate coding is proposed, while preserving objective and subjective quality. It consists of 4-level hierarchical image segmentation based on mathematical morphology and 1-level region merging structure using contrast of two adjacent regions. For two adjacent region pairs at the fourth level included in each region of the third level, contrast is calculated. Among the pairs of two adjacent regions with less value than threshold, two adjacent regions having the minimum contrast are merged first. After region merging, texture of the merged region is updated. This procedure is performed recursively for all the adjacent region pairs at the fourth level included in each region of the third level. Compared with the previous method, the objective and subjective image qualities are similar. But it reduces 46.65% texture information on the average by decreasing total region number to be transmitted. Specially, it shows reduction of the 23.95% contour information on the average. Thus, it can improve efficiently the bottleneck problem at segmentation-based very low bit rate coding.

---

* 正會員, 慶北大學校 電子・電氣工學部

(School of Electronic & Electrical Engineering, Kyungpook National University)

** 正會員, 慶州大學校 컴퓨터・精報工學部

(School of Computer & Information Science, Kyungju University)

※ 본 논문은 1996년도 과학재단 핵심전문연구(961-0920-104-2)에 의해 지원 받았음.

接受日字: 1997年4月21日, 수정완료일: 1997年10月6日

I. 서 론

현재 MPEG-4를 중심으로 초저속 부호화에 관한 연구가 진행되고 있으며, 분할기반 부호화는 영상의 내용에 의존하지 않는 장점이 있어 활발히 연구되어지고 있다. 분할기반 부호화 기법은 입력 영상을 동질한 특성을 나타내는 영역으로 분할한 후 윤곽선 정보, 움직임 정보 및 질감 정보를 전송하는 기법이다. 분할기반 초저속 부호화를 위한 널리 연구되고 있는 영상 분할법은 분합법(split-and-merge)[2,14], 수리 형태학을 이용한 계층적 영상 분할법등이 있다.[1,3,4,5-8] 이 기법은 영역을 quadtree를 이용하여 블록 단위로 영역을 나눈 후 명암도가 유사한 영역들을 동질 영역으로 간주하여 영역을 병합(merging)하는 방법이다. 이 기법은 블록 단위로 화소들을 나누고 병합하므로 영상의 내용 즉, 영상에서의 형태, 크기 등의 특징에 대한 영상 분할을 고려하지 않으므로 분할된 영상이 부자연스럽다. 수리 형태학에 기반한 계층적 영상 분할은 먼저 분할이 용이하도록 영상을 단순화한 후 워터쉐드(watershed) 기법을 이용하여 영역을 결정하며, 이를 계층적으로 수행하여 영상을 분할하는 기법이다. 이 기법은 영상에서 형태, 연결성, 크기 등의 특징에 따른 영상 분할이 용이하며, 상위계층에서 하위계층으로의 영상의 특징에 대한 계층적 영상 분할을 하므로 분할 결과가 자연스럽다.

분할기반 초저속 부호화에서 윤곽선 정보, 질감 정보 및 움직임 정보를 전송하는데 윤곽선 정보가 차지하는 정보량은 전체 전송할 정보량의 상당한 부분을 차지하므로 과다한 윤곽선 정보로 인한 병목 현상이 발생하는 문제점이 있다. 이는 영상 분할이 세밀하게 되면 더욱 많은 윤곽선 정보가 발생하여 병목 현상이 심화된다. 그러나 영상을 세밀하게 분할하지 않으면 화질의 저하가 발생한다. 그러므로 분할기반 초저속 부호화 기법에서는 화질의 저하를 방지하면서 과다한 윤곽선 정보를 효과적으로 줄이는 영상 분할 기법이 요구된다. 이를 고려하기 위하여 본 연구에서는 주관적 화질 및 객관적 화질의 저하를 방지하면서 상세한 영상 분할로 인한 과다한 윤곽선 정보의 발생을 효과적 줄이는 새로운 영상 분할 알고리듬을 제안한다. 제안한 방법은 수리 형태학에 기반한 계층적 영상 분할 구조[1,3,4,5-8]와 두 인접 영역간의 대조를 이용한 영역 병합으로 구성되어있다. 기존의 수리 형태학을 이용한 영상분할은 계층적 구조로 이루어져 있으며, 각 계층은 단순화, 마커 추출 및 영역 결정 단계로 구성되어 있다. 수리 형태학에 기반한 영상 분할은 하위계층에서 작은 구조요소를 사용하여 영상을 단순화하므로 상세한 분할 결과를 얻을 수 있다. 그러나 과다한 윤곽선 정보가 발생하여 병목 현상을 유발하므로 본 연구에서는 주관적 화질 및 객관적 화질을 유지하면서 이를 효과적으로 개선하고자 인접 영역간의 대조를 이용하여 대조가 낮은 인간 시각에 민감하지 않은 이웃 영역들을 병합하였다. 영역 병합은 3번째 계층의 각 분할된 영역에 대하여 4번째 계층에서 새로이 분할된 영역들중 대조가 문턱 값 이하인 두 인접 영역들중 가장 낮은 대조를 나타내는 두 영역을 우선 병합하고 질감 정보를 갱신한다. 그리고 이를 반복적으로 수행한다. 인트라 프레임에 대해 제안한 알고리듬과 기존의 방법을 비교하였을 때 주관적 화질은 유사하며, 객관적 화질은 약 0.1dB낮았으나 영역의 갯수를 현저히 줄여 질감 정보를 평균값으로 전송할 경우 약 46.65%, 윤곽 정보는 약 23.95%의 전송하여야 할 정보량을 줄일 수 있어 병목 현상을 개선할 수 있었다.

II. 수리 형태학에 기반한 계층적 영상 분할

1. 수리 형태학

집합 이론에 기반한 수리 형태학[12-13] 은 영상에서 물체에 대한 형태, 크기, 대비 및 연결성 등의 다양한 특징을 추출할 수 있다. 또한 영상에서 동질성과 연속성을 만족하는 부분에 대한 특징 추출이 효과적이므로 영상 분할이 용이하여 현재 초저속 동영상 부호화를 위한 영역 분할 기법으로 활발히 연구되어지고 있다.[1,3,4,5-8]

형태학적 연산은 dilation과 erosion의 두 연산을 기본으로 하고있다. $f(x)$는 입력영상이며, n은 구조요소의 크기이며, M_n이 구조요소(structuring element)에 포함된 구성요소일때 dilation과 erosion은 다음과 같이 정의된다. 그리고 opening과 closing은 두 기본 연산의 조합으로 이루어진다.

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

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

$$\gamma_n(f)(x) = \delta_n(\varepsilon_n(f)(x)) \tag{3}$$

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

크기 1의 geodesic dilation은 원영상 $f(x)$의 크기 1의 dilation과 기준영상 $r(x)$ 사이의 최소값으로 정의되고, 크기 1의 geodesic erosion은 원영상 $f(x)$의 크기 1의 erosion과 기준영상 $r(x)$ 사이의 최대값으로 정의된다.

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

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

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

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

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

2. 기존의 수리 형태학에 기반한 계층적 영상 분할

초저속 환경에서 기존의 수리 형태학을 이용한 영상 분할은 상위계층에서 하위계층으로의 계층적 구조로 이루어져 있으며, 각 계층에서의 분할 과정은 크게 단순화 단계, 마커 추출 단계 및 결정 단계로 구성되며 이는 그림 1과 같다.

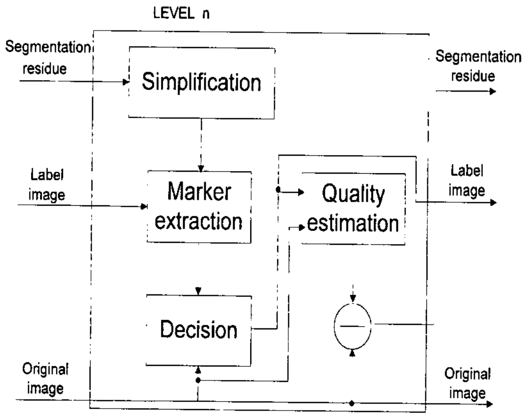


그림 1. 수리 형태학에 기반한 계층적 영상 분할
Fig. 1. Hierarchical image segmentation based on mathematical morphology.

1) 단순화 단계

단순화 단계는 영역의 윤곽선을 유지하면서 영역 내부의 질감 성분을 평탄화하고 잡음 성분을 제거하여 분할을 용이하도록 영상을 단순화하는 과정이다. 이때 사용된 구조요소의 크기를 조절하여 영상의 정보량을 조절한다. 즉 상위계층에서는 큰 구조요소를 사용하여 영상을 단순화하면 단순화되는 면적이 크므로 단지 몇 개의 마커만 발생한다. 이를 이용하여 이웃 화소들에 대한 영역을 병합하면 개략적인 분할 결과를 얻을 수 있다. 하위계층으로 갈수록 보다 작은 구조요소를 사용하여 단순화하면 상위계층에서 발생된 마커보다 작은 마커가 발생하고 또한 상위계층에서 발생된 마커의 갯수보다 많은 마커가 발생하여 세밀한 분할결과를 얻을 수 있다. 각 계층의 단순화 단계에서는 opening_closing by partial reconstruction필터를 이용하여 단순화하며 이는 식(9)와 같다.

$$\gamma^{(rec)}(\varepsilon_n(f), \gamma_k(f)),\ \varphi^{(rec)}(\delta_n(f), \varphi_k(f)) \quad (9)$$

2) 마커 추출

마커 추출단계는 단순화된 영상으로부터 영역의 국부적인 동질성을 만족하는 영역을 추출하는 단계이다. 이때 마커는 동질한 영역의 내부를 표시하며 마커가 되지 않은 부분은 불확실한 영역이 되어 결정 단계에서 하나의 영역으로 매핑된다. 마커 추출은 형태학적 기울기, 평탄한 동질 영역의 면적 및 대조가 큰 영역 등을 이용한다. 형태학적 기울기 영상으로부터 마커를 추출하면 각 계층에서 많은 마커가 발생하는 단점이 있으며, 대조를 이용한 마커 추출은 하위계층으로 갈수록 단순화 단계에서 사용한 구조요소의 크기에 의존성이 높고, 또한 소영역 제거시 문턱 값에 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 문턱 값 이상인 영역을 마커로 삼는다. 이때 널리 사용되는 문턱 값은 단순화 단계에서 사용한 구조요소의 면적이다. 즉 단순화 단계에서 5×5 구조요소를 사용하면 추출된 마커의 면적이 25이하이면 제거된다. 이는 영상을 계층적으로 분할할 때 하위계층에서는 이전 상위계층에서 사용한 구조요소보다 작은 구조요소를 사용함으로써 점진적으로 상세한 분할을 하기 위함이다.

평탄한 영역으로 마커를 추출하는 마커 라벨링 과정은 큐를 이용하여 구현한다.[1] 이의 과정은 먼저 영상에서 첫 번째 화소에 라벨링을 한 다음 이를 큐에

넣는다. 큐에서 라벨링된 화소를 꺼내면서 주위 화소를 검사한다. 만약 주위 화소가 라벨링 되어 있지 않고 이미 라벨링된 화소와 명암도가 같다면 라벨링 되지 않은 화소에 라벨링된 화소와 같은 명암도 값을 할당하여 동질 영역이라고 결정한다. 만약 라벨링 되어 있지 않은 화소의 주변화소들이 각기 다른 명암도를 가진다면 새로운 영역이라 간주하고 라벨 값을 1증가시켜 새로운 영역이라 나타낸다. 모든 화소에 라벨링이 되면 마커 추출후 단순화 단계에서 사용한 구조요소의 면적보다 작은 영역을 갖는 소영역 마커들은 제거된다.

3) 영역결정

마커를 중심으로 하여 마커로 추출되지 않은 화소들에 대하여 영역을 결정하는 단계이다. 이는 불확실한 화소들을 마커 영역으로 포함시켜서 영역의 경계를 결정하는 과정이다. 본 논문에서는 변형된 워터쉐드 알고리듬을 이용하여 불확실한 화소들을 가장 유사한 인접영역에 매핑한다.[3] 이때 계층적 큐를 이용하여 반복적인 연산 없이 영역 결정을 한다. 계층적 큐를 이용한 영역 결정 과정은 그림 2와 같다.

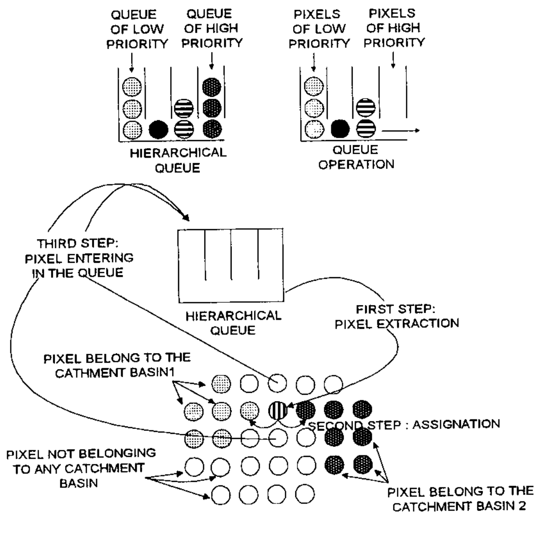


그림 2. 계층적 큐를 이용한 워터쉐드 알고리듬
Fig. 2. Watershed algorithm using a hierarchical queue.

계층적 큐를 이용한 불확실한 화소들에 대한 영역 결정은 먼저 마커 추출단계에서 추출된 마커 화소들을 큐에 넣는다. 큐에서 마커 화소들을 꺼내면서 인접 불확실 영역과의 명암도 차를 구한다. 하나의 불확실한 화소는 인접 마커 화소들과 명암도 차를 구한 다음 가장 명암도 차가 적은 마커 화소와 불확실한 화소를 병합한다. 이때 주변 마커 화소와 명암도 차가 큰 불확실한 화소는 우선 순위가 낮으므로 계층적 큐에 들어온 불확실한 화소중 주변 마커 화소와 명암도 차가 적은 우선 순위가 높은 불확실한 화소들이 먼저 영역을 결정한 후 영역 결정하게 된다. 이때 하나의 불확실한 화소가 영역 결정이 되면 그 영역의 명암도 평균값을 갱신한 후 인접 불확실한 화소와 명암도 차를 구한 다음 명암도 차에 따라 불확실한 화소는 계층적 큐에서 우선 순위가 결정된다. 그리고 이 과정을 모든 불확실한 화소들의 영역이 결정될 때까지 반복 수행한다.

기존의 수리 형태학에 기반한 영상 분할은 계층 구조를 가진다. 이는 계층 구조가 가지는 점진적 전송의 장점뿐 아니라 상위계층에서 하위계층으로 점진적으로 상세한 영역을 분할할 때, 사용한 구조요소의 크기에 대한 특징을 추출할 수 있으므로 비교적 안정되고 우수한 분할 결과를 얻을 수 있기 때문이다. 상위계층에서는 큰 구조요소를 사용하여 계략적인 영상을 분할하고 하위계층으로 갈수록 점점더 작은 구조요소로 단순화하여 상세한 분할결과를 얻는다. 일반적으로 마지막 계층에서는 주로 5×5 구조요소를 사용하여 단순화 한 다음 평탄한 영역을 추출하여 이를 마커로 삼는다. 이는 3×3 구조요소를 사용하면 더욱 상세한 분할 결과를 얻을 수 있으나 과다한 윤곽선 정보가 발생하여 병목 현상이 더욱 심화된다. 5×5 구조요소를 사용하더라도 전송해야할 윤곽선 정보가 많아 초저속 전송시 병목 현상을 유발하지만 비교적 상세한 분할 결과를 얻을 수 있다. 그리고 일반적으로 5×5보다 큰 구조요소를 마지막 계층의 단순화 단계에서 사용하면 화질의 저하를 초래한다. 과다한 윤곽선 정보로 인한 병목 현상을 개선하면서 화질의 저하를 방지하기 위하여 본 논문에서는 새로운 영상 분할 기법을 제안한다. 제안한 방법은 인간 시각이 서로 유사한 명암도 값을 갖는 이웃한 영역들은 잘 구별하지 못한다는 특성을 고려하였다. 즉 대조가 낮은 두 인접 영역들은 서로 잘 구별하지 못하는 특징을 이용하였으며 이를 이용하여 주관적인 화질 및 객관적인 화질의 저하를 방지하면서 영역 병합을 수행하여 전송할 윤곽선 정보를 효과적으로 줄였다.

Ⅲ. 제안한 인접 영역간의 대조를 이용한 영역 병합 알고리듬

인간 시각 체계는 기본적으로 명암도 차가 유사한 화소간 또는 두 인접 영역들을 잘 구분할 수 없는 특성이 있다. 영상 분할 알고리듬으로 널리 사용되고 있는 기법으로는 분할법, RSST(recursive shortest spanning tree)[15]를 이용한 기법 등이 있다. 분할법은 모두 인접 화소간의 명암도 차에 기반하여 유사한 명암도를 나타내는 화소들을 반복적으로 병합하는 기법이다. 또한 RSST를 이용한 방법에서는 화소간의 명암도 차를 이용하여 화소 단위의 영역에서부터 모든 인접 영역들을 탐색한 후 가장 큰 동질성을 가진 영역 순으로 병합을 수행한다.

본 논문에서는 기본적인 인간 시각 특성 중의 하나인 대조가 낮은 화소간 및 대조가 낮은 인접 영역간은 인간 시각이 잘 분별할 수 없다는 특징을 이용하여 분할 기반 부호화시 병목현상을 유발하는 과다한 윤곽선 정보를 효과적으로 줄이는 새로운 영상 분할 알고리듬을 제안하였다. 제안한 계층적 영상 분할 알고리듬의 전체 블럭도는 그림 3과 같다.

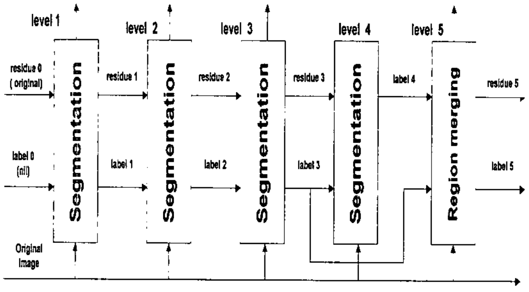


그림 3. 제안한 영상 분할 구조
Fig. 3. The proposed image segmentation structure.

본 논문에서 제안한 알고리듬은 5계층으로 구성되어 있다. 원영상으로부터 1번째 계층에서는 큰 구조요소를 사용하여 계략적으로 영상을 분할한다. 그리고 원영상과 1번째 계층 분할 결과와의 차를 2번째 계층의 입력부로 전송한다. 2번째 계층에서는 1번째 계층의 잔여 영상을 입력받아 단순화 과정을 수행한 후 이로부터 마커를 추출한다. 그리고 1번째 계층에서 분할된 영역 라벨링 정보를 이용하여 2번째 계층에서는 좀더 세밀하게 영상을 분할한다. 3번째 계층과 4번째 계층에서도 2번째 계층과 동일하게 보다 작은 구조요소를 사용하여 단순화 한 다음 이전 계층에서의 분할된 영역 라벨링 정보를 이용하여 세밀하게 영역을 분할한다. 1번째 계층에서 3번째 계층까지 각 계층에서 분할된 영역들은 영상에서 형태, 크기, 연결성 등의 특징을 고려한 분할 결과가 우수하므로 본 연구에서는 3번째 계층에서 분할된 각 영역에 대하여 4번째 계층에서 분할된 인접 영역들에 대하여 영역 병합을 수행하였다. 4번째 계층에서 더욱 작은 구조요소를 이용하여 단순화하고 영역 결정을 하면 더욱 세밀한 분할 결과를 얻을 수 있으며 이는 3번째 계층에서 분할된 각 영역 내에서 더욱 자세히 분할하는 것이다. 그러나 4번째 계층에서 상세히 분할된 영역들은 많은 윤곽선 정보를 유발하므로 초저속 부호화시 병목 현상을 유발한다. 본 논문에서는 이를 개선하고자 5번째 계층에서 두 인접 영역간의 대조를 이용하여 인간 시각이 구별할 수 없는 명암도 차가 작은 두 인접 영역들을 반복적으로 병합하는 효과적인 영역 병합 알고리듬을 제안하였다. 영역 병합은 3번째 계층에서 분할된 영역과 4번째 계층에서 분할된 영역들을 이용하여 영역 병합을 수행한다.

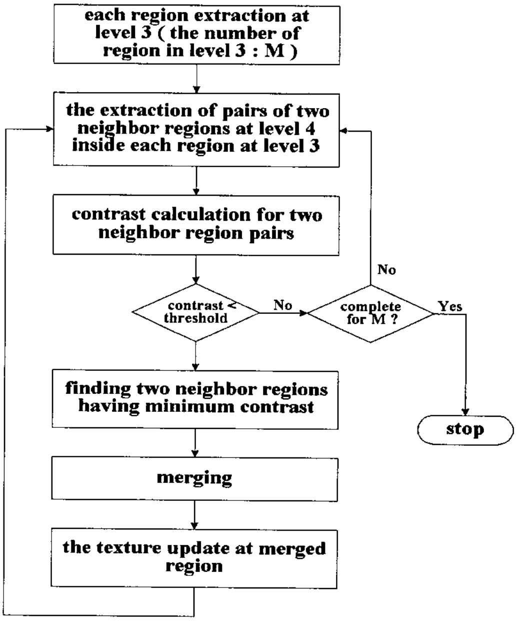


그림 4. 제안한 영역 병합 알고리듬
Fig. 4. The proposed region merging algorithm.

제안한 영역 병합 알고리듬은 그림 4와 같다. 먼저 3번째 계층에서 영역 분할된 각 영역내에서 4번째 계층에서 새로이 분할된 두 인접 영역들의 쌍을 구한다. 이로부터 두 인접 영역간의 대조를 구한 다음 문턱 값 이하인 두 인접 영역들중 최소의 대조를 나타내는 두 인접 영역을 먼저 영역 병합한 후 원영상을 이용하여 질감 정보를 갱신한다. 그리고 3번째 계층에서 분할된 모든 영역에 대하여 반복적으로 수행한다.

인접한 두 이웃 영역 R_i, R_j 간의 대조는 아래 식과 같다.

$$C(R_i, R_j) = |I_{R_i}(p) - I_{R_j}(q)| \tag{10}$$

이때 $I_{R_i}(p), I_{R_j}(q)$는 각각 영역 R_i에 속하는 임의의 화소 p와 R_j에 속하는 임의의 화소 q의 명암도 값을 나타낸다. 영역의 질감 정보를 평균값으로 매핑하면 한 영역에 속하는 모든 화소의 명암도 값은 동일하므로 임의의 두 인접 영역 R_i와 R_j간의 대조는 두 영역에 대한 질감 정보 차의 절대값이다. 제안한 영상 분할 알고리듬은 계층적으로 영상을 분할함으로써 영상의 내용에 대한 정보를 점진적으로 비교적 정확하게 추출할 수 있어 안정된 영상 분할을 할 수 있는 장점이 있으며, 인간 시각에 민감하지 않는 대조가 낮은 영역들을 병합함으로써 질감 정보를 평균값으로 전송할 경우 질감 정보의 감소 및 분할기반 부호화시 과다한 윤곽선 정보로 인한 병목 현상을 효과적으로 개선할 수 있다.

3번째 계층에서 분할된 각 영역내에서 새로이 분할된 4번째 계층에서의 두 인접 영역간의 영역 병합을 효과적으로 수행하기 위하여 본 연구에서는 기존의 화소 단위로 인접 화소간의 연결 관계를 이용하여 영상 분할에 널리 사용되는 기본적인 그래프 이론[16]을 영역들간의 인접 관계를 표현하는데 적용하였다. 기본적인 그래프 이론을 간단히 설명하면 다음과 같다. 임의의 그래프 $G=(V, E)$는 유한개의 정점(vertex)들의 집합 V와 정점쌍들을 연결하는 가지들의 집합 E로 구성된다. 연결그래프란 임의의 정점에서 다른 모든 정점들 사이에 경로가 존재하는 그래프를 말한다. 연결그래프 $G=(V, E)$에 대해, 이 그래프의 모든 정점들을 포함하는 $G'=(V', E')$(단 $E' \subseteq E$)가 트리를 형성한다면 이를 그래프의 ST(spanning tree)라 한다. 한 그래프에 여러개의 ST가 존재할 수 있는데, 그래프의 여러 ST들중 모든 가지에 부여된 가중치의 합이 가장 작은 ST를 그 그래프의 MST(minimum-cost spanning tree)라 한다. 그래프 이론은 화소단위로 영역을 병합하여 영역을 분할하는 영상 분할에 이용되었다.[15]

그래프 이론을 두 인접 영역간의 영역 병합에 적용하기 위해서는 영역들을 영역 인접 그래프로 적절하게 매핑하는 일이 필요하다. 그림 5의 (a)는 3번째 계층에서 분할된 임의의 영역 R3안에서 4번째 계층에서 새로이 분할된 영역 R3_1, R3_2, R3_3, R3_4, R3_5 및 R3_6을 나타내며, 그림 5의 (b)는 (a)의 R3내에서 분할된 영역들을 영역 인접 그래프로 매핑하는 과정을 보여준다. 그래프의 정점 v_i는 3번째 계층에서 분할된 각 영역 내에서 4번째 계층에서 새로이 분할된 영역으로 구성되며, 두 인접 영역의 정점쌍(v_i, v_j)을 연결하는 연결가지로 연결된다. 본 연구에서는 두 인접 영역간의 연결가지의 가중치를 두 인접 영역간의 명암도 차의 절대값, 즉 두 인접 영역간의 대조를 이용한다. 두 인접 영역들을 영역 인접 그래프로 매핑하면 각 가지들의 가중치는 그 가지가 연결하고 있는 인접한 영역들의 유사도를 나타내기 때문에 이를 기준으로 영역 병합을 수행한다. 영역을 매핑한 그래프에서 영역 병합을 수행하는 과정은 다음과 같다.

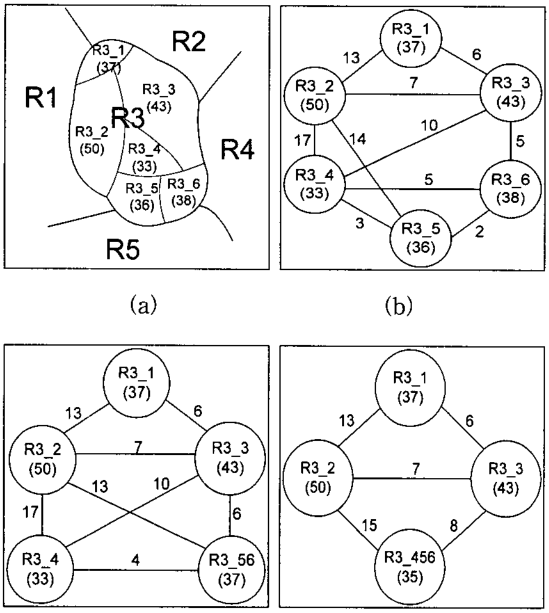
(1) 3번째 계층에서 분할된 각 영역 내에서 4번째 계층에서 새로이 분할된 두 인접 영역들에 대하여 초기 영역 인접 그래프를 구성한다.
(2) 그래프에서 가중치가 문턱 값 이하면서 가장 작은 가중치를 나타내는 가지에 연결되어 있는 두 영역을 선택한다.
(3) 두 인접 영역의 정점(v_i, v_j)을 연결하는 연결가지를 제거하고 영역을 병합한후, 병합된 영역의 질감 정보를 갱신한다.
(4) 병합된 정점과 그 정점에 연결된 주위 가지들의 새로운 가중치를 구한다.
(5) (1)~(4)의 과정을 연결가지가 문턱 값 이하를 나타내는 모든 두 인접 영역의 정점(v_i, v_j)에 대하여 반복 수행한다.

위의 과정 (3)에서 인접한 두 영역 R_i, R_j를 병합한 영역 R_M의 평균 밝기값 I_M은 식(11)과 같이 구할 수

있다.

$$I_{R_M}(R_i,R_j) = \frac{\sum_{p\in R_i} I_{R_i}(p) + \sum_{q\in R_j} I_{R_j}(q)}{N(R_i)+N(R_j)} \tag{11}$$

여기서 $I_{R_i}(p)$ 및 $I_{R_j}(q)$는 각각 영역 R_i 와 R_j에 속한 화소들에 대한 명암도 값이다. $N(R_i)$ 와 $N(R_j)$는 각각 영역 R_i, R_j에 속한 화소의 개수이다. 그림 5의 (c)는 (b)의 초기 그래프로부터 영역 병합 문턱 값 6을 이용하여 위의 과정 (1) ~ (4)를 수행한 후의 갱신된 영역 인접 그래프이다. (b)의 초기 그래프에서 영역 R3_5와 R3_6을 연결하는 가지의 가중치는 2이다. 이는 문턱 값 이하이며 다른 모든 연결가지들의 가중치보다 낮으므로 위에서 설명한 과정(2)에서 선택되어 우선적으로 영역 병합된다. 그림 5의 (c)에 대하여 위의 과정을 한번 더 수행하면 그림 5의 (d)의 갱신된 그래프를 얻을 수 있으며 최종적으로 (e)의 최종적으로 병합된 영역 인접 그래프가 된다. 그리고 그림 5의 (f)는 그림 5의 (e)에 대하여 최종적으로 영역 병합된 결과이며, 초기의 6개의 영역중 명암도가 유사한 인간 시각이 구별하기 어려운 두 인접 영역들은 병합이 되었음을 알 수 있다. 그리고 이로 인하여 영역의 개수가 줄어들어 전송할 질감 정보와 윤곽선 정보가 상당히 감소되었음을 알 수 있다.



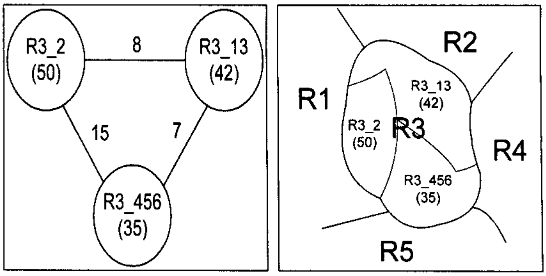


그림 5. 제안한 영역 병합 알고리듬을 이용한 영역 병합 예 (a) 영역 R3내에서 분할된 영역들 (b) (a)의 영역들에 대한 초기 영역 인접 그래프 (c) 1번째 영역 병합후의 영역 인접 그래프 (d) 2번째 영역 병합후의 영역 인접 그래프 (e) 3번째 영역 병합후의 영역 인접 그래프 (f) 3번째 영역 병합후의 분할된 영역

Fig.5. Example of the region merging using the proposed region merging algorithm. (a) segmented regions inside R3 (b) the initial region adjacency graph for regions of (a) (c) the region adjacency graph after the first region merging (d) the region adjacency graph after the second region merging (e) the region adjacency graph after the third region merging (f) segmented regions after the third region merging.

Ⅳ. 실험 및 고찰

본 논문에서는 QCIF Claire와 Foreman 영상에 대하여 제안한 방법과 기존의 방법에 대하여 t실험하였다. 그림 6은 본 실험에서 사용한 영상들이다.

(a) (b)

그림 6. 실험에 사용된 영상 (a) Claire (b) Foreman

Fig. 6. The images used in the experiment. (a) Claire (b) Foreman.

그림 7은 claire 영상에 대한 기존의 방법에 의한 계층적 영상 분할 결과를 나타낸다. (a),(b),(c) 및 (d)는 각각 단순화 단계에서 구조요소의 크기를 23x23,

15x15, 9x9, 5x5를 사용하여 1번째, 2번째, 3번째 및 4번째 계층에서 분할된 결과이다. 이때 본 실험에서는 기존의 방법과 같이 마커 추출 후 소영역 제거에서 사용된 문턱 값은 각 계층의 단순화 단계에서 사용한 구조요소의 면적으로 하였다. 상위계층에서는 큰 구조를 사용하여 영상을 단순화하므로 평탄화된 영역의 면적은 크지만 같은 영역을 나타내는 마커의 개수는 작아 단지 몇개의 영역으로 분할됨을 알 수 있으며, 하위계층으로 갈수록 점진적으로 상세한 분할 결과를 얻을 수 있음을 볼 수 있다. 그리고 계층적인 영상 분할은 비교적 안정된 분할 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

그림 8은 그림 7의 각 영상에 대한 윤곽선 영상이다. 분할된 영상으로부터 윤곽선 영상은 영상 격자(image lattice)를 윤곽선 격자(contour lattice)로 변환하여 구한다.[5] 영상 격자에서 윤곽선을 처리하면 윤곽선이 어느 영역에 속하는지의 부가적인 정보가 필요하므로 윤곽선 격자로 변환하여 윤곽선을 처리한다. $N \times N$ 영상의 영상 격자를 윤곽선 격자로 변환하면 $(2N+1)\times(2N+1)$ 이 된다. 분할된 영상에서의 인접 영역 사이가 윤곽선 격자에서 영역의 경계 부분인 윤곽선이 된다. 그림 8의 (a), (b), 그리고 (c)에서 영역 분할이 상세히 되지 않으므로 윤곽선 정보는 과다하지 않으나 주관적 화질 및 객관적인 화질의 저하가 발생한다. 그림 8의 (d)는 기존의 방법을 적용하였을 때 최하위계층인 4번째 계층에서 분할된 분할 영상의 윤곽선 영상을 나타내며 상세한 분할 결과를 볼 수 있다. 그러나 과다한 윤곽선 정보가 발생하여 전송시 병목 현상을 초래한다.

그림 9는 그림 7의 (d)에 대하여 제안한 영역 병합 알고리듬을 적용한 결과이다. 본 연구에서는 여러 가지 문턱 값에 대하여 실험을 하였다. 실험 결과 5~8까지의 문턱 값이 주관적인 화질의 열화가 거의 없이 윤곽선 정보를 효과적으로 줄일 수 있는 안정된 문턱 값임을 알 수 있었다. 그림 9의 (a)는 그림 7의 (d)에 영역 병합을 위한 문턱 값 5를 사용하여 제안한 영역 병합 알고듬을 적용한 결과이다. 주관적인 화질면에서는 거의 차이가 없음을 알 수 있었다. 그러나 그림 8의 (d)와 그림 9의(b)를 비교하였을 때 많은 윤곽선 정보가 감소하였음을 알 수 있다.

그림 10은 Foreman 영상에 기존의 방법에 의한 계층적 영상 분할 결과이다. 그림 11은 그림 10의 각 영상에 대한 윤곽선 영상이다. 상위계층에서 하위계층으로 갈수록 더욱 자세한 분할이 되어 전송할 윤곽선 정보가 증가함을 알 수 있다.

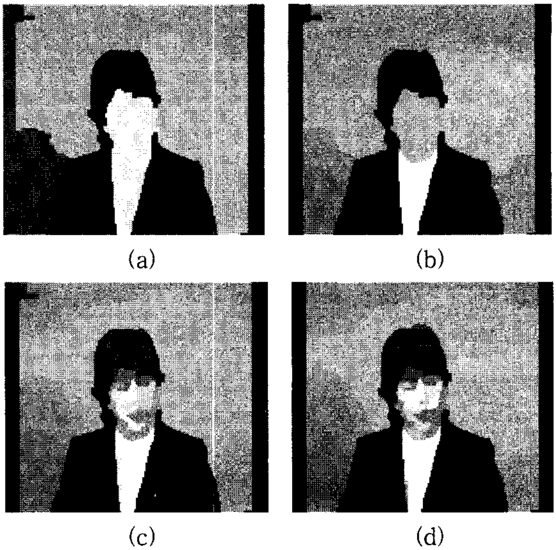


그림 7. Claire 영상에 대한 기존의 계층적 영상 분할 (a) 1번째 계층에서의 분할 결과 (b) 2번째 계층에서의 분할 결과 (C) 3번째 계층에서의 분할 결과 (d) 4번째 계층에서의 분할 결과

Fig. 7. The hierarchical image segmentation result by conventional method for Claire image. (a) the segmentation result at the first level (b) the segmentation result at the second level (c) the segmentation result at the third level (d) the segmentation result at the fourth level.

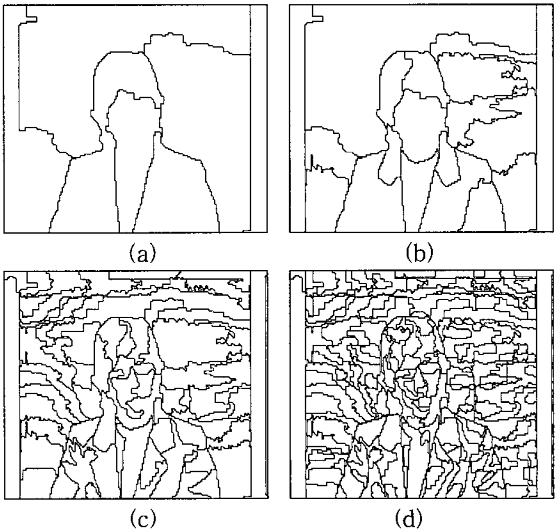
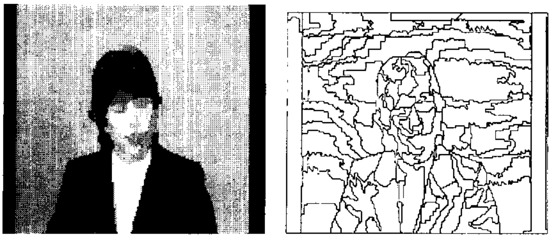


그림 8. 그림 7의 각 영상에 대한 윤곽선 영상

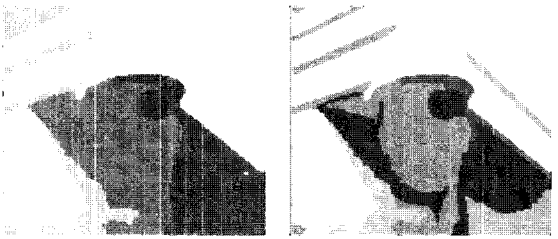
Fig. 8. The contour images for each image of Fig. 7.



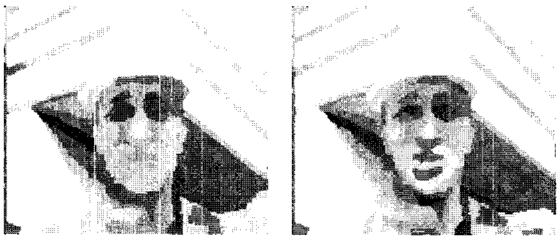
(a) (b)

그림 9. 제안한 영역 병합 알고리듬에 의한 분할 결과 (a) 그림 7의 (d)에 제안한 알고리듬을 적용한 결과 (b) (a)의 윤곽선 영상

Fig. 9. The simulation results by the proposed region merging algorithm. (a) the result by the proposed algorithm for fig. 7(d) (b) the contour image of (a).



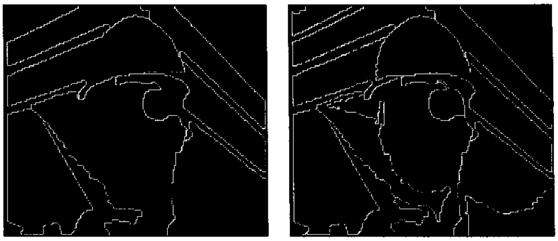
(a) (b)



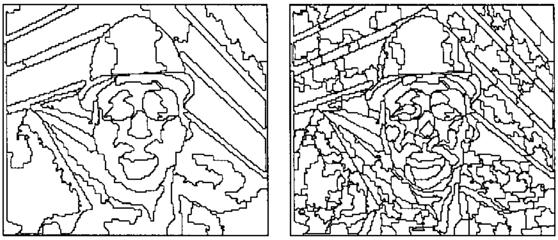
(c) (d)

그림 10. Foreman 영상에 대한 기존의 계층적 영상 분할 (a) 1번째 계층에서의 분할 결과 (b) 2번째 계층에서의 분할 결과 (C) 3번째 계층에서의 분할 결과 (d) 4번째 계층에서의 분할 결과

Fig. 10. The hierarchical image segmentation result by conventional method for Foreman image. (a) the segmentation result at the first level (b) the segmentation result at the second level (c) the segmentation result at the third level (d) the segmentation result at the fourth level.



(a) (b)

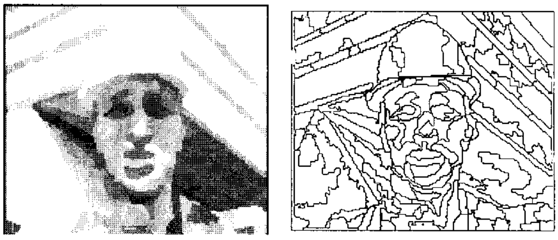


(c) (d)

그림 11. 그림 10의 각 영상에 대한 윤곽선 영상

Fig. 11. The contour images for each image of Fig. 10.

그림 12는 Foreman 영상에 대하여 그림 8에서와 같은 조건을 사용하여 분할한 결과 영상이다. 주관적인 화질면에서는 거의 차이가 없음을 알 수 있었다. 그러나 그림 10의 (d)와 그림 12의 (b)를 비교하였을 때 많은 윤곽선 정보가 줄어들었음을 알 수 있다.



(a) (b)

그림 12. 제안한 영역 병합 알고리듬에 의한 분할 결과 (a) 그림 7의 (d)에 제안한 알고리듬을 적용한 결과 (b) (a)의 윤곽선 영상

Fig. 12. The simulation results by the proposed region merging algorithm. (a) the result by the proposed algorithm for Fig. 7(d) (b) the contour image of (a).

표 1은 각각 그림 7과 10에 대하여 PSNR, 영역의 개수 및 윤곽선 화소수를 나타내고 있다. 객관적인 화질의 척도로서 본 논문에서는 PSNR을 사용하였다.

$$PSNR = 10Log10 \frac{(255)^2}{\frac{1}{XY}\sum_{i=1}^{X}\sum_{j=1}^{Y}(f_1(i,j)-(f_2(i,j))^2}[dB] \quad (12)$$

여기서 $f_1(i,j)$는 원영상이며, $f_2(i,j)$는 분할된 영상을 나타낸다. 그리고 X는 영상의 행의 크기이며, Y는 열의 크기이다. 상위계층에서 하위계층으로 갈수록 분할된 영역의 개수는 증가하며 또한 PSNR도 증가함을 알 수 있다.

표 1. Claire 및 Foreman 영상에 대한 기존의 계층적 영상 분할 알고리듬을 적용했을 때 PSNR, 영역의 개수 및 윤곽선 화소수

Table 1. PSNR, region number and the number of contour pixel by conventional hierarchical image segmentation algorithm for Claire and Foreman image

Image / Measure	Fig. 7				Fig. 10			
	(a)	(b)	(c)	(d)	(a)	(b)	(c)	(d)
PSNR [dB]	20	24.4	26.2	27.6	20	21.9	23.7	25.7
region number	7	20	67	183	9	14	42	215
contour pixel number	1,960	3,751	9,145	13,756	3,456	4,584	7,714	13,988

표 2에서는 Claire 영상에 대하여 기존의 방법에 의한 최종 분할 결과인 그림 7(d)와 제안한 방법에 의한 그림 9(a), 그리고 Foreman 영상에 대한 기존의 방법에 의한 최종 분할 결과인 그림 10(d)와 제안한 방법에 의한 그림 12(a)에 대하여 PSNR, 영역의 개수 및 윤곽선 화소수에 대해 비교하였다. Claire 영상에 대하여 제안한 방법의 PSNR은 평균 0.1dB 낮으나 주관적인 화질은 사용한 문턱 값 5~8에 영향이 거의 없이 안정적으로 비슷함을 알 수 있었다. 기존의 방법에 의하여 발생한 영역의 개수를 100%로 할때 제안한 방법은 질감 정보를 평균값으로 전송할 경우 약 48.9%의 정보량 감소를 나타낸다. 윤곽선 정보에 대하여 기존의 알고리듬과 제안한 알고리듬을 비교하면 제안한 알고리듬이 평균 25.2% 정보량 감소를 나타낸다. 이는 제안한 알고리듬은 대조가 낮은 두 인접 영역에 대해 영역 병합을 수행하므로 주관적 화질을 유지하면서 분할기반 초저속 부호화시 과다한 윤곽선 정보 및 질감 정보를 인한 병목 현상을 효과적으로 개선할 수 있음을 나타낸다. Foreman 영상에 대하여 PSNR은 제안한 방법이 약 0.1dB 낮았으나, 영역의 개수를 현저히 줄여 기존의 방법에 비해 질감 정보는 평균 44.4%, 윤곽선 정보는 평균 22.7% 줄일 수 있어 초저속 부호화 기법에 효과적임을 알 수 있다.

표 2. Claire 및 Foreman 영상에 대한 기존의 방법과 제안한 방법을 적용했을 때 PSNR, 영역의 개수 및 윤곽선 화소수 비교

Table 2. Comparison of the PSNR, region number and the number of contour pixel by conventional and the proposed methods for Claire and Foreman image.

Method / Image	Measure	Threshold value used in the region merging	Conventional method	The proposed method
Claire	PSNR [dB]	5	27.6	27.52
		6	27.6	27.52
		7	27.6	27.51
		8	27.6	27.50
	region number (%)	5	183(100)	98(53.01)
		6	183(100)	97(53.01)
		7	183(100)	91(49.73)
		8	183(100)	89(48.63)
	contour pixel number (%)	5	13,756(100)	10,473(76.13)
		6	13,756(100)	10,415(75.71)
		7	13,756(100)	10,170(73.93)
		8	13,756(100)	10,098(73.41)
Foreman	PSNR [dB]	5	25.7	25.61
		6	25.7	25.61
		7	25.7	25.60
		8	25.7	25.59
	region number (%)	5	215(100)	137(63.72)
		6	215(100)	124(57.67)
		7	215(100)	111(51.62)
		8	215(100)	106(49.3)
	contour pixel number (%)	5	13,988(100)	11,363(81.23)
		6	13,988(100)	10,864(77.66)
		7	13,988(100)	10,807(77.25)
		8	13,988(100)	10,212(73.01)

V. 결 론

본 논문에서는 수리 형태학에 기반한 계층적 영상 분할 구조와 영역간의 대조에 기반하여 주관적 및 객관적인 화질의 저하를 방지하면서, 분할기반 부호화시 발생하는 과다한 윤곽선 정보를 효과적으로 줄이는 새로운 영상 분할 알고리듬을 제안한다. 제안한 기법은 계층적 분할 구조를 이용하므로 각 계층에서 비교적

자연스러운 분할을 얻을 수 있다. 그리고 분할기반 초저속 부호화 기법에서 병목 현상을 유발하는 과다한 윤곽선 정보를 영역간의 대조를 이용하여 효과적으로 영역을 병합하는 알고리듬을 제안하였다. 이는 3번째 계층의 각 분할 영역 내에서 새로이 분할된 4번째 계층에서의 두 인접 영역간의 대조를 이용하여 대조가 문턱 값 이하인 두 인접 영역중 최소의 대조를 나타내는 두 영역을 우선 영역 병합하고 이를 반복적으로 수행한다. 제안한 방법과 기존의 방법을 비교할 때 PSNR은 평균 0.1dB정도 낮으나 주관적인 화질은 유사하였다. 그리고 전송해야할 질감 정보는 평균 46.65%의 전송해야할 정보량 감소를 나타내었다. 특히 전송해야할 윤곽선 정보량을 평균 23.95% 줄일 수 있었다. 이는 대조가 큰 인접한 두 영역은 병합하지 않고 대조가 문턱 값 이하인 이웃 영역들중 최소의 대조를 나타내는 인간 시각이 구별할 수 없는 두 영역을 우선 병합하고 질감 정보를 갱신한 후 이를 반복적으로 수행함으로써 인간 시각에 민감하지 않은 영역들은 동질한 영역으로 병합하였기 때문이다. 제안한 방법은 영역기반 초저속 부호화의 병목 현상을 개선 할 수 있어 분할기반 초저속 부호화에 효과적임을 알 수 있다.

참 고 문 헌

[1] P. Salembier, "Hierarchical Morphological Segmentation for Image Sequence Coding," *IEEE Trans. Image Processing* vol. 3. no. 5 pp. 639-651, Sept. 1994.

[2] D. Cortez, P. Nunes, M. M. Sequeira, and F. Pereira, "Image Segmentation towards New Image Representation Methods", *Signal Processing: Image Communication 6*, pp. 485-498, 1995.

[3] P. Salembier, "Morphological Multiscale Segmentation for Image Coding," *Signal Processing* 38, pp. 359-386, 1994.

[4] M. Pardas and P. Salembier, "3D Morphological Segmentation and Motion Estimation for Image Sequence," *Signal Processing* 38, pp. 31-43, 1994.

[5] C. Gu and M Kunt, "Contour Simplification and Motion Compensated Coding," *Signal Prodessing: Image Communication* 7, pp. 279-296, 1995.

[6] P. Salembier and P Brigger, "Morphological Operator for Image and Video Compression," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 5, no 6, June, 1996.

[7] W. Li and M. Kunt, "Morphological Segmentation Applied to Displaced Frmae Difference Coding," *Signal Processing 38*, pp. 45-56, 1994.

[8] J. R. Casas and L. Torres "Coding of Details in Very Low Bit-Rate Video System," *IEEE Trans. CSVT*, vol. 4, no. 3, June, 1994.

[9] L. Vincent and P. Soille, "Watersheds in Digital Space," *IEEE Trans. PAMI*, vol. 13, no. 6, pp. 583-598, June, 1994.

[10] Bart M. ter Haar Romeny, *Geometry_ Driven Diffusion in Computer Vision - vol. I*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1994.

[11] Jean Serra and Pierce Soille, *Mathematical Morphology and Its Application to Image Processing, vol. II*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1994.

[12] J. Serra, *Image Analysis and Mathematical Morphology - vol. I, Theoretical Advances*, Academic Press, London, 1988.

[13] J. Serra, *Image Analysis and Mathematical Morphology - vol. II, Theoretical Advances*, Academic Press, London, 1988.

[14] S. L. Horowitz and T. Pavlidis, "Picture Segmentation by a Tree Traversal Algorithm," *Journal of the ACM*, vol 23, no. 2, pp. 368-388, Apr. 1976.

[15] O. J. Morris, M. D. Lee, and A. G. Constantinides, "Graph Theory for Image Analysis : An Approach Based on the Shortest Spanning Tree," *IEE Proc.*, vol. 133, no. 2, pp. 146-152, Apr. 1986.

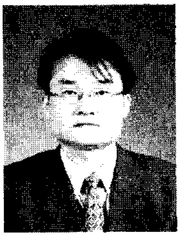
[16] N. Christofides, *Graph Theory: an Algorithmic Approach, Academic Press*, 1975.

저 자 소 개

宋 根 遠(正會員) 第 34卷 S編 第 7號 參照
현재 : 경북대학교 전자공학과 박사과정 재학중

金 紀 錫(正會員) 第 34卷 S編 第 7號 參照
현재 : 경주대학교 컴퓨터·정보공학부 전임강사

朴 英 植(正會員) 第 34卷 S編 第 7號 參照
현재 : 경북대학교 전자공학과 박사과정 재학중



李 晧 榮(正會員)
1972년 1월 3일생. 1995년 2월 경북대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사). 1997년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1997년 3월~현재 : 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정. 주관심 분야 : 영상부호화, 신호처리, 컴퓨터 비젼등

河 永 浩(正會員) 第 34卷 S編 第 7號 參照
현재 : 경북대학교 전자전기공학부 교수