

영역기반 초저속 부호화를 위한 인간 시각 체계에 기반한 계층적 영상 분할

(Hierarchical Image Segmentation Based on HVS Characteristic for Region-Based Very Low Bit Rate Coding)

宋根遠*, 朴英植**, 韓圭必*, 南在烈***, 河永浩*

(Kun Woen Song, Young Sik Park, Kyu Phil Han, Jae Yeal Nam,
and Yeong Ho Ha)

요 약

본 논문에서는 인간 시각 체계에 기반하여 주관적 및 객관적 화질의 열화없이 전송 정보량을 효과적으로 줄일 수 있고, 또한 전송 정보량을 조절할 수 있는 영역기반 초저속 부호화에 적합한 새로운 계층적 영상 분할 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 각 단계에서 수리 형태학에 기반한 영상 분할과 인간 시각 체계를 고려한 영역 병합 구조로 이루어져 있다. 영상 분할은 3단계의 계층적 구조로 이루어져 있으며, 영역 병합은 각 단계에서 인간 시각 체계에 기반하여 인간 시각이 구분할 수 없는 두 인접 영역의 쌍들을 추출한 후 영역 병합을 수행한다. 이때 인간 시각 체계에 기반하여 병합할 영역을 추출하고 제안한 병합 우선 순위 함수에 의한 병합 우선 순위에 따른 영역 병합을 차례로 수행하여 영역의 수를 효과적으로 줄임으로써 영역기반 초저속 부호화시 과도한 윤곽선 정보로 인한 병목현상을 개선할 수 있다. 그리고 각 단계에서의 영역 병합시 정보량 조절 요소 값에 따라 전송 정보량을 조절할 수 있어 기존의 방법보다 유연한 분할 구조를 나타낸다. 실험을 통하여 제안한 방법은 기존의 방법보다 PSNR 및 주관적 화질은 유사하나, 전송할 윤곽선 정보는 상당히 줄일 수 있어 영역기반 초저속 부호화를 위한 효율적 영상 분할 알고리즘임을 알 수 있다.

Abstract

In this paper, a new hierarchical image segmentation algorithm based on human visual system(HVS) characteristic is proposed which can efficiently reduce and control transmission information quantity without the degradation of the subjective and objective image quality. It consists of image segmentation based on mathematical morphology and region merging considering HVS characteristic for the pairs of two adjacent regions at each level of the hierarchy. Image segmentation is composed of 3-level hierarchical structure. In the region merging structure of each level, we extract the pairs of two adjacent regions which human vision can't discriminate, and then merge them. The proposed region merging method extracts pairs of two neighbor regions to be merged and performs region merging according to merging priority based on HVS characteristics. The merging priority for each adjacent pair is determined by the proposed merging priority function(MPF). First of all, the highest priority pair is merged. The information control factor is used to regulate the transmission information at each level. The proposed segmentation algorithm can efficiently improve bottleneck problem caused by excessive contour information at region-based very low bit rate coding. And it shows that it is more flexible structure than that of conventional method. In experimental results, though PSNR and the subjective image quality by the proposed algorithm is similar to that of conventional method, the contour information quantity to be transmitted is reduced considerably. Therefore it is an efficient image segmentation algorithm for region-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 Nat'l Univ.)

** 正會員, 三星電子 無線事業部 技術開發그룹

(Product R&D Group, Wireless Terminals Div.
SAMSUNG Electronics)

*** 正會員, 啓明大學校 컴퓨터·電子工學部

(School of Computer Elec., Keimyung Univ.)

※ 본 논문은 과학재단 특정기초연구(과제번호 97-0100-02-01-3)의 지원에 의해 수행되었습니다.

接受日字:1997年11月5日, 수정완료일:1998年10月12日

I. 서 론

통신 기술의 발달과 영상 정보에 대한 수요 증대로 말미암아 기존의 PSTN(Public Switched Telephone Network) 뿐만 아니라 이동통신 환경하에서도 다양한 서비스가 이루어 질 것으로 기대된다. 그러나 PSTN이나 이동 통신망이 지원하고 있는 전송율은 64kbps 보다 낮기 때문에 이미 표준으로 제정된 영상 부호화 방법들로는 초저속 채널에서의 구현이 불가능하다. 이를 해결하기 위하여 현재 MPEG-4^[11]를 중심으로 초저속 전송채널에서의 효과적인 영상 전송을 위한 부호화 기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. MPEG-4는 시·공간 영역에서의 scalability 뿐만 아니라 객체 단위의 scalability가 가능하여 보다 유연한 전송이 가능하다. 초저속 부호화 기법중 영역기반 부호화는 영상의 내용에 의존하지 않는 장점이 있어 활발히 연구되어지고 있다. 영역기반 부호화 기법은 입력 영상을 동일한 특성을 나타내는 영역으로 분할한 후 윤곽선, 움직임 및 질감 정보를 전송하는 기법이다.

영역기반 초저속 부호화를 위한 널리 연구되고 있는 영상 분할법은 밝기 정보에 기반한 방법^[2-5], 움직임 정보에 기반한 방법^[6,7], 밝기 및 움직임 정보를 동시에 고려한 방법^[8,9] 등이 있다. 밝기 값에 기반한 방법들은 분합법(split-and-merge)^[12], 수리 형태학을 이용한 계층적 영상 분할법 등이 있다.^[3-5] 분합법은 영역을 quadtree 방법으로 화소단위에서 명암도가 유사한 화소들을 성장시켜 영상을 분할한다. 이는 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 워터셰드(watershed) 기법을 이용하여 영역을 결정하며, 이를 계층적으로 영상을 분할하는 기법이다. 이 기법은 영상에서 형태, 연결성 및 크기 등의 특징에 따른 영상 분할이 용이하며, 상위단계에서 하위단계로의 영상의 특징에 대한 계층적 분할로 인하여 분할 결과가 자연스럽다. 그러나 이 기법은 영상이 수많은 균일한 밝기 값의 영역으로 나누어지므로 영역의 경계선 및 움직임 정보를 부호화하는데 많은 정보량이 필요하게 된다.

움직임 정보를 고려한 영상 분할 기법은 영상 열에서 움직임이 동일한 영역들을 동일한 영역으로 간주하

고 영상을 분할하는 기법이다. 이 기법은 움직임 정보에 기반하여 영상을 분할하므로 영상이 밝기 값에 기반한 계층적 영상 분할 기법과 같이 입력 영상이 많은 영역들로 분할되지 않는다. 그러나 현존하는 움직임 추정 알고리즘들은 영역의 경계 부근에서 정확한 움직임 추정을 할 수 없으므로 분할된 영역간의 경계가 부정확 할 수 있다.

밝기와 움직임 정보를 동시에 고려한 기법은 시·공간 정보를 고려하여 입력 영상을 밝기 및 움직임이 동일한 영역들로 분할하는 기법이다. Salembier는 밝기 값에 기반한 계층적 영상 분할 후 일정한 비트율에서의 최적의 화질을 나타내기 위해 rate-distortion 개념에서 주어진 비트율에서 최적의 화질을 나타낼 수 있는 영역을 선택한 후 움직임 정보를 이용하여 영역 병합하는 알고리즘을 제안하였다.^[8,9] 이 방법은 주어진 비트율에서 최상의 화질을 나타낼 수 있는 영역을 선택하므로 rate-distortion 개념에서는 최상의 화질을 얻을 수 있다. 그러나 각 계층에서의 영상 분할 후 전송율과 화질을 고려한 영역 선택시 많은 연산을 수행하므로 구조가 복잡한 단점이 있다.

밝기값을 기준으로 영역기반 초저속 부호화시 발생하는 과도한 윤곽선 정보를 효과적으로 개선하기 위하여 계층적 영상 분할과 두 인접 영역간의 대조를 이용한 영상 분할 알고리즘이 제안되었다.^[10] 이 기법은 인간 시각이 분별할 수 없는 인접한 영역들을 병합함으로써 전송 정보량을 줄일 수 있으나 완전한 인간 시각 체계를 고려한 영역 병합을 수행하지 못하며, 또한 임의의 문턱값을 필요로 한다. 그리고 각 계층에서 전송 정보량을 고려한 영상 분할을 수행하지 못하는 단점이 있다.

본 연구에서는 밝기값을 기준으로 영상을 분할할 경우 발생하는 많은 분할된 영역으로 인한 과도한 윤곽선 정보를 효율적으로 줄이기 위하여 인간 시각 체계에 기반하여 전송 정보량을 줄일 수 있으며, 또한 조절할 수 있는 새로운 계층적 영상 분할 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 각 단계에서 수리 형태학에 기반한 계층적 영상 분할^[3-5]과 인간 시각 체계를 고려한 영역 병합으로 구성된다. 제안한 계층적 영상 분할은 3단계로 이루어져 있다. 각 단계의 영역 병합에서는 인간 시각이 구분할 수 없는 두 인접 영역의 쌍들을 추출하여 이를 영역 병합할 후보 영역들로 삼는다. 영역 추출 과정은 두 인접 영역의 평균 밝기차

와 두 인접한 영역을 인간이 시각적으로 구분할 수 있는 문턱값을 구한 다음 밝기차가 인간 시각 체계를 이용하여 구한 문턱값보다 작은 모든 인접한 두 영역들의 쌍을 구한다. 추출된 영역 쌍들을 영역 병합할 때 효과적으로 병합하기 위하여 본 연구에서는 병합 순서를 결정하는 병합 우선 순위 함수를 제안한다. 제안한 병합 우선 순위 함수는 단순한 문턱값을 이용한 방법^[10]보다 주위 조명등의 영향에 둔감하며, 인간 시각 체계를 고려하므로 부호화 관점에서 불필요한 영역들을 효과적으로 병합할 수 있다.

II. 수리 형태학에 기반한 계층적 영상 분할

1. 기존의 수리 형태학에 기반한 계층적 영상 분할

수리 형태학은 영상에서 형태, 크기, 대조 및 연결성 정보 추출이 용이하므로 영상 분할에 널리 이용되어왔다. 초저속 환경에서 밝기 정보를 이용한 기존의 수리 형태학적 영상 분할 구조^[3-5]는 상위단계에서 하위단계로의 계층적 구조로 이루어져있다. 이는 계층적 구조가 가지는 점진적 전송의 장점뿐 아니라 상위단계에서 하위단계로 점진적으로 상세한 영역을 분할할 때 사용한 형태소의 크기에 대한 특징을 추출할 수 있으므로 비교적 인간 시각과 일치하는 분할 결과를 얻을 수 있기 때문이다. 상위단계에서는 큰 형태소를 사용하여 계략적으로 영상을 분할하고 하위단계로 갈수록 더욱 작은 형태소로 단순화하여 상세한 분할 결과를 얻는다. 각 단계에서의 분할 과정은 크게 단순화, 마커 추출 및 결정 과정으로 구성된다.

1) 단순화 과정

단순화 과정에서는 영역의 경계를 유지하면서 영역 내부의 질감 성분을 평탄화하고 잡음 성분을 제거하여 분할을 용이하도록 영상을 단순화한다. 이때 사용된 형태소의 크기를 조절하여 영상의 정보량을 조절한다. 상위단계에서는 큰 형태소를 사용하여 영상을 단순화하면 단순화되는 면적이 크므로 단지 몇 개의 마커만 발생한다. 하위단계로 갈수록 보다 작은 형태소를 사용하여 단순화하면 이전 상위단계에서 발생된 마커의 개수보다 많은 마커가 발생하여 상세한 분할 결과를 얻을 수 있다. 각 단계의 단순화 과정에서는 opening_closing by partial reconstruction 필터^[3]를 이용하여 단순화하며 이는 아래와 같이 정의된다.

$$\gamma^{(rec)}(\varepsilon_n(f), \gamma_k(f)), \varphi^{(rec)}(\delta_n(f), \varphi_k(f)) \quad (1)$$

2) 마커 추출 과정

마커 추출 과정은 단순화된 영상으로부터 영역의 국부적인 동질성을 만족하는 영역을 추출하는 과정이다. 이때 마커는 동질한 영역의 내부를 표시하며 마커가 되지 않은 부분은 불확실한 영역이 되어 결정 과정에서 하나의 영역으로 매핑된다. 평탄한 영역으로부터 마커를 추출하는 마커 라벨링 과정은 큐를 이용하여 구현한다.^[3]

3) 결정 과정

마커로 추출되지 않은 마커주변의 불확실한 화소들에 대하여 영역을 결정하는 과정이다. 이는 불확실한 화소들을 마커 영역으로 포함시켜서 영역의 경계를 결정하는 과정이다. 본 논문에서는 변형된 워터셰드 알고리즘을 이용하여 불확실한 화소들을 가장 유사한 인접영역에 매핑한다.^[3] 이때 계층적 큐를 이용하여 반복적인 연산없이 영역 결정을 수행한다.

III. 제안한 계층적 영상 분할 알고리즘

본 논문에서는 인간 시각 체계에 기반하여 주관적 및 객관적 화질을 유지하면서 영역기반 초저속 부호화 시 병목현상을 유발하는 과도한 윤곽선 정보를 효과적으로 줄이고 또한 전송 정보량을 효과적으로 조절할 수 있는 새로운 영상 분할 알고리즘을 제안한다.

1. 인간 시각 체계

인간 시각은 인접한 두 영역이 존재할 때 밝기차, 즉 대조가 클수록 두 인접 영역을 잘 구분할 수 있다. 그러나 인간 시각이 인접한 두 영역을 구분할 때 감지하는 척도는 두 영역간의 대조에 단순히 비례하는 것은 아니다. 즉 인접한 두 영역 K, L 의 평균 밝기 값이 각각 100, 110이고, 또한 인접한 두 영역 M, N 의 평균 밝기 값은 각각 200, 210이라 할 때 이들 밝기차는 각각 10이나, 인간 시각이 두 영역을 서로 구분할 때 감지하는 변별력은 같지 않다. Weber의 법칙에 의하면 인간 시각은 정상 가시 범위(normal viewing dynamic range)내에 있고 두 인접 영역 K, L 의 밝기가 각각 I 와 $I + \Delta I$ 라 할 때, $\frac{\Delta I}{I} = F$ (Weber fraction)로 일정하며 이들 인접한 두 영역을 구분할 수 있는 인간 시각 체계는 영상의 크기, 실내 조도 및

관측 기간과 같은 실험 환경에 따라 변화가 있지만 근사적으로 문턱값 T_{JND} (threshold value of just noticeable difference)는 다음과 같이 표현된다.^[11]

$$T_{JND} = x + y \times I \quad (2)$$

이는 인간 시각은 밝기차에 대한 변별력이 밝은 영역보다 어두운 영역에서 더 크다는 일반적인 Weber의 법칙이 고려되었다. Rajala^[12]는 T_{JND} 를 이용하여 영상 분할시 $x=4.0$, $y=0.12301$ 값을 사용하였다. Peterson^[13]도 식(2)을 이용하여 centroid linkage growing 방법으로 영상을 분할하였다. 그리고 Peterson은 영역과 영역이 인접해 있을 때, 두 영역을 구분할 수 있는 인간 시각 변별력은 화소와 영역간에 대하여 인간이 구분할 수 있는 변별력과는 다르다는 것을 이용하여 영상을 분할하였다. 즉 영역들은 일반적으로 하나의 화소보다 면적이 크므로 영역과 영역간을 구분할 수 있는 시각 변별력이 화소와 영역간을 구분하는 시각 변별력보다 낮다. Peterson이 centroid linkage growing 기법으로 영상을 분할한 후, 소영역 제거를 위하여 인접 영역들을 병합할때 고려한 문턱값은 다음과 같다.

$$T'_{JND} = \alpha \times T_{JND} \quad (3)$$

이때 α 는 가중치를 나타내고 0과 1사이의 값이며, Peterson은 실험에서 0.33, 0.5, 1을 실험에 사용하여 비교·검토하였다.

2. 제안한 계층적 영상 분할 구조와 인간 시각 체계에 기반한 영상 분할 알고리즘

제안한 영상 분할 알고리즘은 각 단계에서 수리 형태학에 기반한 계층적 영상 분할과 인간 시각 체계에 기반한 영역 병합 구조로 이루어져 있으며 이는 그림 1에서와 같다. 본 논문에서 제안한 영상 분할은 3단계의 계층적 구조로 이루어져 있다. 첫 번째 단계에서는 기존의 방법과 같이 영상 분할만을 수행하며, 두 번째 및 세 번째 단계에서는 각각 영상 분할 후 인간 시각 체계에 기반한 영역 병합을 수행한다.

1) 첫 번째 단계에서의 영상 분할

첫 번째 단계에서의 영상 분할 구조는 기존의 방법과 같이 단순화, 마커 추출 및 결정과정으로 구성된다. 원영상으로부터 첫 번째 단계에서는 전체 영상을 수개의 영역으로 분할하기 위하여 큰 형태소를 사용하여

단순화한다. 이는 계층적으로 영상을 분할할 경우 상위단계에서 하위단계로 갈수록 점차 세밀한 분할을 하기 위함이다. 영상 분할 후 첫 번째 단계에서는 인간 시각 체계에 기반한 영역 병합을 수행하지 않는다. 이는 첫 번째 단계에서는 큰 형태소를 이용하여 영상이 나타내는 전체적인 구조에 대하여 분할하므로 전체적인 영상의 골격을 유지하기 위함이며, 또한 영역간의 평균 밝기차가 크므로 실제로 영역 병합이 되지 않기 때문이다.

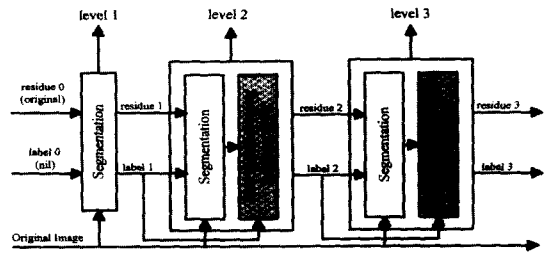


그림 1. 제안한 전체 영상 분할 블록도
Fig. 1. Proposed total image segmentation structure.

2) 두 번째 및 세 번째 단계에서의 영상 분할

두 번째 및 세 번째 단계에서 제안한 영상 분할 구조는 그림 2에서와 같다. 두 번째 단계에서의 영상 분할은 원영상과 첫 번째 단계에서의 분할 결과와의 차, 즉 잔여 영상으로부터 단순화 과정을 수행한 후 이로부터 마커를 추출한다. 그리고 첫 번째 단계에서 분할된 영역 라벨링 정보를 이용하여 두 번째 단계에서는 좀더 세밀하게 영상을 분할한다. 단순화 과정에서는 첫 번째 단계에서 사용한 형태소의 크기보다 작은 형태소를 사용함으로써 상세한 분할 결과를 얻을 수 있다. 이와 마찬가지로 세 번째 단계에서의 영상분할은 원영상과 두 번째 단계에서의 분할결과 영상과의 차영상에 대하여 더욱 작은 형태소를 사용하여 단순화 한 후 영역 결정을 함으로써 두 번째 단계에서 보다 더욱 더 상세한 분할 결과를 얻는다.

밝기값을 기준으로 영상을 분할하는 것은 움직임 물체의 경계는 밝기 값의 경계와 일치한다는 가정을 전제로 한다. 따라서 분할 기준이 밝기 값이 될 경우 물체의 경계가 인간 시각의 영상 경계와 일치하게 된다. 그러나 영상이 수많은 균일한 밝기 값의 영역으로 나누어지므로 영역의 윤곽선 및 움직임 정보를 부호화 하는데 많은 정보량이 필요하게 된다.^[3,4] 본 연구에

서는 주관적 및 객관적 화질의 저하를 방지하면서 과다한 전송 정보량을 효과적으로 조절하기 위하여 영상 분할 후 두 번째 및 세 번째 단계에서는 인간 시각 체계를 이용하여 효과적으로 영역 병합하였다. 제안한 영역 병합 알고리즘은 그림 3에서와 같다.

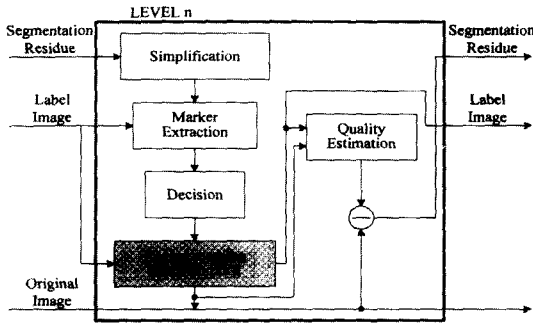


그림 2. 그림 1의 두 번째 및 세 번째 단계에서의 영상 분할 구조
 Fig. 2. Image segmentation structure at the second and third level of Fig. 1.

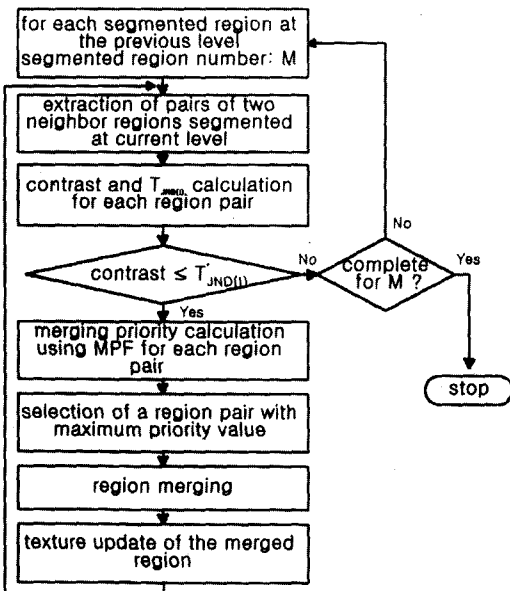


그림 3. 제안한 영역 병합 알고리즘
 Fig. 3. Proposed region merging algorithm.

첫 번째 단계에서 분할된 각 영역 내에서 두 번째 단계에서 새로이 분할된 두 인접 영역들의 쌍들에 대하여 밝기차 및 인간 시각적으로 두 인접 영역을 구분하는데 있어서의 문턱값을 식(2)을 이용하여 첫 번째

단계에서 분할된 각 영역 단위로 구한다. 그리고 화소와 영역간을 구분하는 시각 변별력보다 낮으므로 식(3)을 이용하여 T'_{JND} 를 구한다. 첫 번째 단계에서 분할된 각 영역 단위로 두 번째 단계에서 분할된 두 인접 영역들에 대하여 밝기차의 절대값, 즉 대조가 T'_{JND} 이하인 인접 영역의 쌍을 구한다. 이전단계에서 분할된 임의의 영역 K 내에서 새로이 분할된 두 인접 영역 L, M 의 평균 밝기가 각각 $I, I + \Delta I$ 라 할 때 식(4)를 만족하는 두 인접 영역의 쌍들을 이전단계에서 분할된 각 영역 단위로 추출한다.

$$|I'_K - (I + \Delta I)'_K| \leq T'_{JND} \quad (4)$$

식(4)를 만족하는 두 인접 영역의 쌍들에 대하여 영역 병합을 수행할 때 본 논문에서는 제안한 인간 시각 체계에 기반한 영역 병합을 수행한다. 대조와 임의의 문턱값을 이용한 방법^[10]이 제안되었으나 이는 완전한 인간 시각 체계를 고려한 영역 병합이 아니며 또한 외부 조명등의 영향으로 분할된 인접 영역들 간의 밝기차가 모두 일정할 때 인간 시각 체계에 기반한 영역 병합이 되지 않으며 각 계층에서 전송 정보량을 조절할 수 없다.

본 연구에서는 영역 병합시 인간 시각 체계에 기반한 병합 우선 순위 함수(merging priority function)를 제안하여 영역 병합을 수행한다. 영역 병합은 이전 단계에서 분할된 각 영역단위로 현재단계에서 새로이 분할된 각 영역들중 대조가 문턱값 T'_{JND} 이하인 두 인접 영역의 쌍들을 구한 다음, 각 인접 영역의 쌍들에 대하여 병합 순위 함수를 이용하여 우선 순위 값을 구한다. 이전단계에서 분할된 임의의 영역 K 내에서 새로이 분할된 두 인접 영역의 쌍들중 식(4)를 만족하는 두 인접 영역 L 과 M 에 대한 병합 순위는 제안한 아래 식(5)의 병합 우선 순위 함수에 의하여 결정된다.

$$MPF(I'_K, (I + \Delta I)'_K) = \frac{T'_{JND}}{|I'_K - (I + \Delta I)'_K|} \quad (5)$$

이전단계에서 분할된 각 영역내에서 영역 병합 순위가 가장 높은 두 인접 영역은 식(5)에 의하여 계산된 값이 가장 큰 두 인접 영역을 말한다. 이는 단순하게 임의의 문턱값에 의하여 결정되지 않고 인간 시각 체계

가 고려되었다. 제안한 알고리즘은 인간시각체계에 기반하여 가장 높은 변별력을 나타내는 두 영역을 먼저 영역 병합한 후 원영상을 이용하여 병합된 영역에 대하여 질감 정보를 갱신한다. 그리고 이를 반복적으로 수행한다. 제안한 영상 분할 알고리즘은 계층적으로 영상을 분할함으로써 영상의 내용에 대한 정보를 점진적으로 정확하게 추출할 수 있어 안정된 영상 분할을 할 수 있는 장점이 있으며 또한 인간 시각 체계를 고려하여 영역들을 병합함으로써 영역기반 부호화시 과도한 윤곽선 정보로 인한 병목 현상을 효과적으로 개선할 수 있다.

제안한 영역 병합 알고리즘은 각 단계에서 정보량 조절 요소 a 값에 따라 전송할 정보량을 제어할 수 있다. 이는 두 번째 단계에서 사용한 a_2 값이 크면 영역 병합이 많이 되므로 영역의 개수가 작아진다. 그리고 세 번째 단계에서의 영역 분할 및 영역 병합은 두 번째 단계에서 분할된 각 영역 내에서 수행하므로 세 번째 단계에서 사용한 a_3 값이 크면 영역 병합의 문턱값이 커지므로 영역 병합이 많이 수행되어 최종적으로 분할된 영역의 개수가 작다. 만약 a_3 값이 작으면 영역 병합이 많이 수행되지 않으므로 최종 분할된 영역의 개수는 많아진다. a_2 및 a_3 의 값이 모두 크면 각 단계에서의 인접한 영역들은 a_2 및 a_3 의 값이 모두 작을 때 보다 영역 병합이 많이 수행된다. 그러므로 제안한 영상 분할 구조는 a_2 및 a_3 을 적절히 조절하면 전체 전송 정보량을 효과적으로 조절할 수 있는 장점이 있다.

IV. 실험 및 고찰

본 논문에서는 QCIF Carphone 및 Claire 영상에 대하여 제안한 방법과 기존의 밝기 값에 기반한 영상 분할 알고리즘들^[3,10]에 대하여 성능평가를 하였다. 그림 4는 본 실험에서 사용한 2종류의 영상이다. 그림 5는 Carphone 영상에 대한 기존의 방법들에 의한 계층적 영상 분할 결과를 나타낸다. 기존의 방법은 각각 계층적 영상분할 알고리즘^[3](기존 방법 1)과 계층적 분할과 대조를 이용한 영역병합 구조로 이루어진 영상 분할 알고리즘^[10](기존 방법 2)에 대하여 실험하였다.

첫 번째 행은 기존의 방법 1에 의하여 첫 번째, 두 번째 및 세 번째 단계에서의 분할 결과 영상이다. 각

단계에서의 단순화 과정에서 사용한 형태소의 크기는 각각 15×15 , 9×9 및 5×5 를 사용하였다. 상위단계에서는 큰 형태소를 사용하여 영상을 단순화하므로 평탄화된 영역의 면적은 크지만 마커의 개수는 작아 단지 몇 개의 영역으로 분할됨을 알 수 있으며, 하위단계로 갈수록 점진적으로 상세한 분할 결과를 얻을 수 있음을 볼 수 있다. 수리 형태학에 기반한 계층적인 영상 분할은 각 단계에서 인간 시각과 일치하는 분할 결과를 얻을 수 있었다.

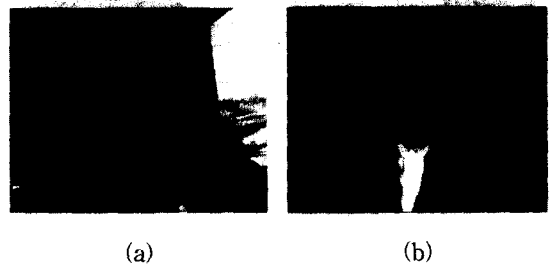


그림 4. 실험에 사용된 영상 (a) Carphone (b) Claire
Fig. 4. Images used in the experiment. (a) Carphone (b) Claire

두 번째 행은 첫 번째 행의 각 영상에 대한 윤곽선 영상이다. 분할된 영상으로부터 윤곽선 영상은 영상 격자(image lattice)를 윤곽선 격자(contour lattice)로 변환하여 구한다. 분할된 영상에서의 인접 영역 사이가 윤곽선 격자에서 영역의 경계 부분인 윤곽선이 된다. 상위단계에서 하위단계로 갈수록 더욱더 세밀한 분할결과를 얻을 수 있으며, 또한 주관적 화질 및 객관적 화질의 향상을 가져올 수 있으나, 분할된 영역들의 개수가 증가하여 전송 정보량이 증가함을 알 수 있다.

세 번째 행은 기존 방법 2에 의하여 각 계층에서 분할한 결과들이다. 대조를 이용한 방법은 세 번째 계층에서만 영역 병합을 수행하므로 첫 번째 및 두 번째 단계에서의 분할 결과는 기존 방법 1과 같다. 세 번째 행에서 불필요한 영역 병합이 많이 수행되었음을 알 수 있다. 그러나 인접 영역들간의 평균 밝기 값에 따라 인간 시각이 감지하는 변별력을 고려한 영역 병합을 수행하지 못하므로 영역 병합 효율이 인간 시각 특성을 고려한 병합 구조보다 떨어질 수 있다. 그리고 각 단계에서 분할될 영역들을 효과적으로 조절할 수 없는 단점이 있다.

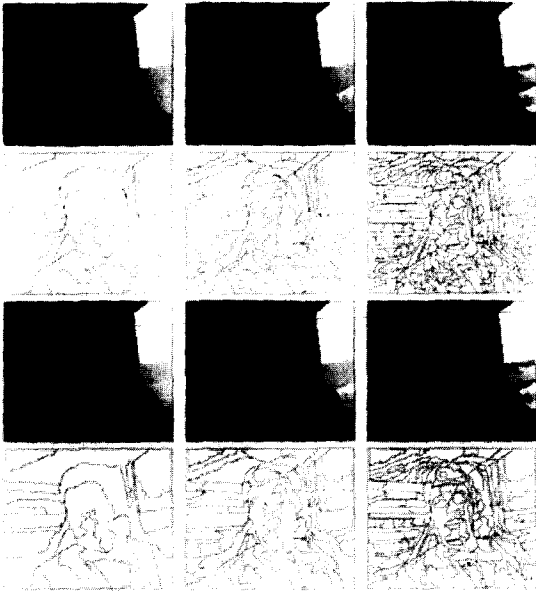


그림 5. Carphone 영상에 대한 기존의 방법들에 의한 계층적 영상 분할 결과-첫 번째 행: 기존 방법 1에 의해 첫 번째, 두 번째 및 세 번째 단계에서의 분할결과; 두 번째 행: 첫 번째 행의 각 영상에 대한 윤곽선 영상; 세 번째 행: 기존 방법 2에 의해 첫 번째, 두 번째 및 세 번째 단계에서의 분할결과; 네 번째 행: 세 번째 행의 각 영상에 대한 윤곽선 영상

Fig. 5. Segmentation results with both conventional methods for Carphone-The first row: segmentation results at the first, second, and third level by the first conventional method; the second row: contour image for each image of the first row; the third row: segmentation results at the first, second and third level by the second conventional method; the fourth row: contour image for each image of the third row.

그림 6은 제안한 영상 분할 알고리즘에 의한 분할 결과이다. 첫 번째 단계의 분할 결과는 기존의 방법에서와 같다. 이는 첫 번째 단계에서는 두 인접 영역의 밝기 차이가 커서 영역 병합이 이루어지지 않음을 알 수 있다.

계층적 영상 분할시 첫 번째 단계에서는 큰 형태소를 이용하여 단순화하고 마커 추출 및 영역 결정을 하므로 영상이 단순히 수개의 영역으로 분할된다. 분할된 영역은 영상의 전체적인 특징에 대하여 단지 몇 개의 영역으로 분할이 된 상태이므로 인접 영역간의 밝

기차가 상대적으로 크을 알 수 있다. 두 번째 및 세 번째 단계에서는 영상 분할 후 제안한 영역 병합 알고리즘을 이용하여 영역 병합하였다. 이때 실험한 두 가지 영상에 대하여 각각 α_2 및 α_3 값을 0.3, 0.5, 0.7 및 1 네가지 경우에 대하여 실험하여 비교·검토하였다.

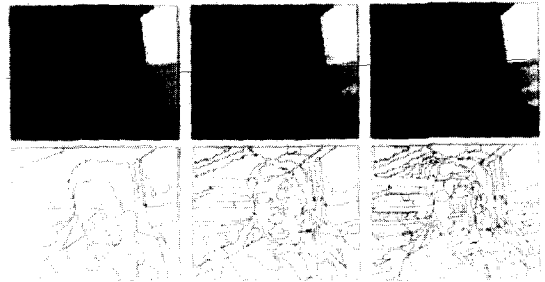


그림 6. Carphone 영상에 대한 제안한 방법에 의한 계층적 영상 분할 결과-첫 번째 행: 제안한 방법에 의해 첫 번째, 두 번째($\alpha_2=1$) 및 세 번째($\alpha_3=1$) 단계에서의 분할결과; 두 번째 행: 첫 번째 행의 각 영상에 대한 윤곽선 영상

Fig. 6. Segmentation results by the proposed method for Carphone-The first row: segmentation results at the first, second ($\alpha_2=1$) and third level($\alpha_3=1$) by the proposed method; the second row: contour image for each image of the first row.

제안한 계층적 영상 분할에서의 영역 병합 알고리즘은 이전단계에서 분할된 각 영역내에서 현재단계에서 새로이 분할된 두 인접 영역에 대하여 수행하므로 α_2 가 고정된 상태에서 α_3 이 커지면 영역 병합될 수 있는 영역의 수가 증가하여 최종 분할된 영역의 수는 감소한다. 본 실험에서는 α_2 및 α_3 의 값을 다양하게 가변하면서 화질 변화 및 정보량 감소에 대한 제안한 알고리즘의 성능 평가 및 구조의 유연성에 대하여 검토하였다.

Carphone영상에 대해서 두 번째 및 세 번째 단계에서의 α_2 및 α_3 은 각각 1을 사용하였다. 그림 5의 첫 번째, 두 번째 및 그림 9의 첫 번째 행을 각각 서로 비교하였을 때 주관적인 화질의 차이는 없음을 알 수 있었다. 그러나 이들에 대한 각각의 분할된 영역의 개수를 비교하였을 때 제안한 방법이 기존의 방법 1과는 상당한 차이를 보이며, 기존의 방법 2보다는 영역의 개수가 조금 줄어들었음을 알 수 있다. 그러므로 제안

한 방법은 인간 시각이 구분할 수 없는 많은 영역들을 효과적으로 병합함으로써 기존의 방법보다 전송 정보량을 줄일 수 있음을 알 수 있다.

그림 7은 Claire영상에 대해서 기존의 방법들에 대하여 실험한 결과이다. 그림 5에서와 같이 많은 불필요한 영역들이 발생하였음을 알 수 있으며, 기존 방법 2에 의한 결과가 기존 방법 1보다 영역의 개수를 줄여 영역기반 초저속 부호화를 위한 영상 분할 알고리즘으로서 효과적임을 알 수 있다. 그림 8은 제안한 방법에 의한 실험 결과이다. Claire 영상에서 두 번째 및 세 번째 단계에서의 α_2 및 α_3 은 모두 0.3을 사용하였다. 그림 6과 유사하게 제안한 영역 병합 알고리즘은 주관적 화질의 차이 없이 효과적으로 영역을 병합하였음을 알 수 있다. 그림 8의 (a)와 (b)로부터 첫 번째 및 두 번째 단계에서는 사용한 세영상 모두에서 기존의 방법과 제안한 방법에 의한 PSNR이 모두 같았다. 그러나 세 번째 단계에서 각각 Carphone 및 Claire 영상에 대하여 제안한 방법을 적용하였을 때 주관적인 화질 저하는 거의 느낄 수 없었다. Claire 영상인 경우 PSNR은 화질의 저하가 없었으며, Carphone 영상인 경우 0.3dB의 화질 저하를 초래했다. 이는 Claire 영상인 경우 α_2 및 α_3 의 값을 각각 0.3과 0.3을 사용하여 영역 병합의 정도를 크게하지 않았기 때문이며, Carphone 영상의 경우 α_2 및 α_3 의 값이 모두 1이므로 영역 병합의 강도가 크서 영역 병합이 많이 이루어져 약간의 객관적인 화질의 저하가 발생하였다. 기존의 방법들과 제안한 방법으로 분할한 최종 분할된 영역의 개수를 비교하면 Carphone 영상에서는 기존 방법 1에 의한 영역의 개수가 226개이며, 제안한 방법에 의한 영역의 개수는 134개로 약 40.71%의 감소를 나타내며, Claire 영상에서는 기존 방법 1에 의하여 197개의 영역이 발생하였으나 제안한 방법은 137개로 약 30.46%의 감소를 나타낸다. 그리고 기존 방법 2와 비교하여도 약 5-6%의 감소를 나타내었다.

그림 9는 Carphone 및 Claire 영상에 대하여 각각 두 번째 및 세 번째 단계에서 사용한 α_2 및 α_3 에 따른 PSNR 및 영역의 개수를 나타낸다. 사용한 α_2 및 α_3 값은 각각 0.3, 0.5, 0.7 및 1이다. 영상에 따라 약간의 차이는 있지만 사용한 α_2 및 α_3 값이 클수록 PSNR은 약간 떨어지나, 주관적 화질은 같았다. 그러

나 상당히 많은 영역의 개수를 줄여 전송 정보량을 줄일 수 있었으며 매 단계에서의 전송 정보량을 조절할 수 있는 장점이 있었다.

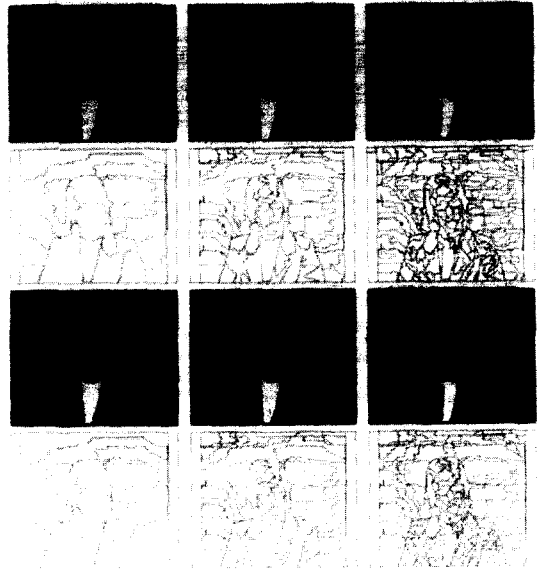


그림 7. Claire 영상에 대한 기존의 방법들에 의한 계층적 영상 분할 결과-그림 5에서의 과정과 동일

Fig. 7. Segmentation results by conventional methods for Claire-the same procedure as those of Fig. 5.

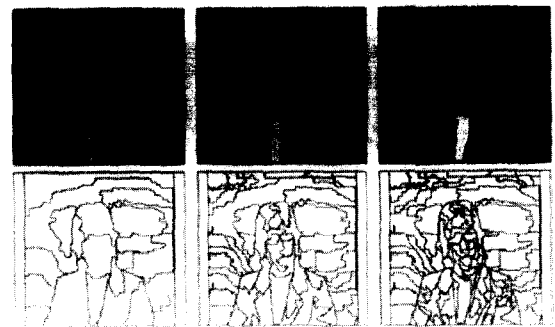


그림 8. Claire 영상에 대한 제안한 방법들에 의한 계층적 영상 분할 결과($\alpha_2=0.3, \alpha_3=0.3$)-그림 6에서의 과정과 동일

Fig. 8. Segmentation results by the proposed method for Claire($\alpha_2=0.3, \alpha_3=0.3$)-the same procedure as those of Fig. 6.

표 1은 기존의 방법들과 제안한 방법으로 두 가지 영상에 대하여 실험하였을 때, 두 번째 단계 및 세 번

째 단계에서의 평균 PSNR, 평균 영역의 개수 및 평균 윤곽선 화소수에 대하여 비교하였다. Carphone 영상에 대하여 두 번째 단계에서의 평균 PSNR은 기존 방법 1과 같으며, 영역의 개수는 제안한 방법에서 약간 줄어들었다. 세 번째 단계에서의 평균 PSNR은 기존의 방법 1보다 약 0.14dB 낮으나, 영역의 개수는 약 30.7%의 감소를 나타내었다. 제안한 방법과 기존의 방법 1에 의한 윤곽선 정보량을 비교하면 기존의 방법 1에 의한 결과를 100%로 할 때 두 번째 단계에서는 94.8%로 약 5.2% 윤곽선 정보량의 감소를, 세 번째 단계에서는 78.5%로 약 21.5%의 윤곽선 정보량의 감소를 나타내었다. 두 번째 단계에서는 영역의 개수가 많이 줄지 않았는데 이는 두 번째 단계에서도 비교적 큰 형태소를 사용하여 영상을 단순화하고 영역 결정하므로 두 인접 영역간의 평균 밝기차가 크므로 인간 시각적으로 구분할 수 없는 두 인접 영역의 개수가 적음을 알 수 있다.

과 비교하면 PSNR은 같으나 평균 5-6% 정도의 윤곽선 화소수의 감소를 나타내며 이는 영상의 내용에 따라 약간의 차이가 발생한다. 그러나 제안한 방법은 완전한 인간 시각 체계를 이용하여 영역병합을 수행하고 또한 각 계층에서의 분할될 영역을 조절할 수 있으므로 대조를 이용한 방법보다 효과적임을 알 수 있다. 전체적으로 제안한 알고리즘은 기존의 방법 1보다 두 번째 단계에서의 평균 PSNR은 같았으며, 영역의 개수는 평균 6.82개가 감소하였다. 세 번째 단계에서의 평균 PSNR은 0.14dB 낮았으나, 평균 영역의 개수는 82.85개가 감소하여 평균 윤곽선 화소수는 23.9%의 감소를 나타내었다. 이는 제안한 알고리즘은 인간 시각 체계에 기반하여 효과적으로 영역 병합함으로써 영역기반 초저속 부호화에서 전송하여야 할 윤곽선 및 움직임 정보량의 감축을 가져올 수 있어 영역기반 초저속 부호화 전송할 과다한 윤곽선 정보로 인한 병목 현상을 효과적으로 개선할 수 있다.

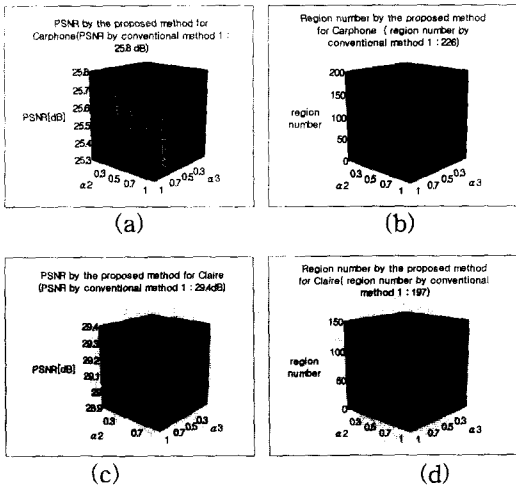


그림 9. a_2 및 a_3 값에 따른 PSNR 및 영역 개수 비교 ($a_2, a_3 : 0.3, 0.5, 0.7, 1$) (a) Carphone에 대한 PSNR (b) Carphone에 대한 영역 개수 (c) Claire에 대한 PSNR (d) Claire에 대한 영역 개수

Fig. 9. Comparison of PSNR and region number according to the value of a_2 and a_3 ($a_2, a_3 : 0.3, 0.5, 0.7, 1$). (a) PSNR for Carphone (b) region number for Carphone (c) PSNR for Claire (d) region for Claire.

그리고 Claire 영상에 대해서도 비슷한 결과를 나타낼 수 있다. 기존의 방법 2인 대조를 이용한 방법

표 1. 기존의 방법들과 제안한 방법에 대하여 Carphone 및 Claire 영상을 사용하여 두 번째 및 세 번째 단계에서의 평균 PSNR, 평균 영역의 개수 및 평균 윤곽선 화소수 비교

Table 1. Comparison of average PSNR, average region number and average number of contour pixel(%) by conventional and proposed methods for Carphone and Claire image

level	second level			third level			
	measure	conventional method 1	conventional method 2	proposed method	conventional method 1	conventional method 2	proposed method
Carphone	PSNR [dB]	23.5	23.5	23.5	25.8	25.66	25.66
	region number	72	72	67.75	226	172.33	156.63
	number of contour pixel(%)	100	100	94.8	100	83.6	78.5
Claire	PSNR [dB]	27.9	27.9	27.88	29.4	29.24	29.24
	region number	62	62	53.25	197	101	93
	number of contour pixel(%)	100	100	93.2	100	78.2	74.5

V. 결 론

본 논문에서는 수리 형태학에 기반한 계층적 영상 분할과 인간 시각 체계에 기반하여 주관적 및 객관적인 화질의 저하를 방지하면서 영역기반 부호화시 발생하는 과도한 윤곽선 정보를 효과적으로 줄이는 새로운 영상 분할 알고리즘을 제안하였다. 제안한 기법은 계층적 분할 구조를 이용하므로 각 단계에서 인간 시각과 일치하는 물체의 경계선을 찾을 수 있어 자연스러운 분할 결과를 얻을 수 있다. 영역 병합에서는 인간 시각이 구분할 수 없는 두 인접 영역의 쌍들을 추출한 후 영역 병합을 수행한다. 각 영역 단위로 영역 병합은 제안한 인간 시각 체계에 기반한 병합 우선 순위 함수로부터 구한 병합 순서에 따라 영역 병합이 수행되므로 주관적 및 객관적 화질의 열화없이 영역기반 초저속 부호화시 병목 현상을 유발하는 과도한 윤곽선 정보를 효과적으로 줄일 수 있다. 그리고 제안한 영상 분할 구조는 두 번째 및 세 번째 단계에서의 정보량 조절 요소 a_2 및 a_3 값을 적절히 조절함으로써 전송 정보량과 화질을 고려한 영상 분할이 가능하다.

제안한 방법과 기존의 방법을 비교할 때 PSNR 및 주관적인 화질은 유사하나 전송해야 할 윤곽선 정보량을 상당히 줄일 수 있었다. 이는 제안한 알고리즘은 인간 시각 체계에 기반하여 영역 병합함으로써 영역기반 초저속 부호화에서 전송하여야 할 윤곽선 및 움직임 정보에 대한 정보량을 효과적으로 줄일 수 있었음을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] T. Sikora, "The MPEG-4 video standard verification model," *IEEE Trans. on Circuits Systems for Video Technology*, vol. 7, no. 1, pp. 19-31, Feb. 1997.
- [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, "Hierarchical morphological segmentation for image sequence coding," *IEEE Trans. Image Processing* vol. 3, no. 5 pp. 639-651, Sep. 1994.
- [4] P. Salembier, "Morphological Multiscale segmentation for image coding," *Signal Processing* 38, pp. 359-386, 1994.
- [5] M. Pardas, and P. Salembier, "3D morphological segmentation and motion estimation for image sequence," *Signal Processing* 38, pp. 31-43, 1994.
- [6] P. Bouthemy, and E. Francois, "Motion segmentation and qualitative dynamic scene analysis from an image sequence," *Int. Computer Vision*, vol. 10, no. 2, pp. 157-182, 1993.
- [7] H. G. Musmann, M. Hotter, and J. Ostermann, "Object-oriented analysis-synthesis coding of moving images," *Signal Processing: Image Communication*, vol. 1, no. 2 pp. 117-138, Oct. 1989.
- [8] P. Salembier, F. Marques, M. Pardas, J. R. Morros, I. Corset, S. Jeannin, L. Bouchard, F. Meyer, and B. Marcotegui, "Segmentation-based video coding system allowing the manipulation of objects," *IEEE Trans. CSVT*, vol. 7, no. 1, pp. 60-73, Feb. 1997.
- [9] R. Morros, F. Marques, M. Paradas, and P. Salembier, "Video sequence segmentation based on rate-distortion theory," *VCIP*, vol. 2727, pp. 1185-1196, Mar. 1996.
- [10] K. W. Song, Y. S. Park, K. P. Han, Y. S. Kim, and Y. H. Ha, "Image segmentation using contrast and contour simplification for very low bit rate coding", *PCS'97*, pp. 189-193, Sep. 1997.
- [11] D. Jameson, and L. M. Hurvich Ed., *Visual psychophysics, in handbook of sensory physiology VII/4*, Springer-Verlag, 1979.
- [12] S. A. Rajala, M. R. Civanlar, and W. M. Lee, "A second generation image coding technique using human visual system based segmentation", *ICASSP'87*, pp. 32.2.1-4, 1987.
- [13] H. A. Peterson, S. A. Rajala, and E. J. Delp, "Human visual system properties applied to image segmentation for image compression", *Proc. IEEE GLOBECOM*, pp. 91-95, Dec. 1991.

저 자 소 개

宋 根 遠(正會員) 第 35卷 S編 第 8號 參照

朴 英 植(正會員) 第 35卷 S編 第 8號 參照

韓 圭 必(正會員) 第 35卷 S編 第 8號 參照

南 在 烈(正會員) 第 35卷 S編 第 8號 參照

河 永 浩(正會員) 第 35卷 S編 第 8號 參照