

論文2001-38SP-5-7

영역 기반 부호화를 위한 결합 분할 척도를 이용한 영상 분할 (Image Segmentation Using A Combined Segmentation Measure for Region-Based Coding)

宋根遠*, 金景萬**, 閔 覺***, 李採守****, 南在烈*****,
河永浩*****

(Kun Woen Song, Kyeong Man Kim, Gak Min, Chae Soo Lee,
Jae Yeal Nam, and Yeong Ho Ha)

요 약

본 논문에서는 먼저 영역 기반 부호화를 위한 새로운 결합 분할 척도를 정의하고 이를 이용한 새로운 영상 분할 알고리즘을 제안한다. 결합 분할 척도는 기존의 밝기 분할 척도, 움직임 분할 척도 및 제안한 변화 검출기로부터 정의되는 변화 분할 척도의 가중 합으로 구성된다. 변화 분할 척도는 기존의 변화 검출기의 결과 영상에 포함되어있는 많은 부정확한 요소들을 제거하기 위하여 수리 형태학에 기반한 녹임 필터링된 영상으로부터 한 화소와 이와 인접한 화소간의 변화 차의 절대값으로 정의된다. 변화 분할 척도는 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역간의 정확한 분할을 하는데 있어서 효과적인 분할 척도로 사용될 수 있다. 그러므로 제안한 결합 분할 척도는 영역 기반 영상압축의 영상 분할과정에서 추정된 움직임 정보가 부정확하고 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역간의 경계 부분에서의 밝기가 유사하더라도 이들간의 경계를 정확히 분할할 수 있다.

Abstract

In this paper, we firstly define a new combined segmentation measure and propose a segmentation algorithm using this measure. The combined segmentation measure is a weighted sum of intensity, motion, and a change segmentation measure that is extracted from the resulting image of the proposed change detector. The change segmentation measure is defined as an absolute change value difference between an pixel and its neighboring region from the eroded image, which results from morphological erosion filtering to eliminate many inaccurate components included in the resulting image of a conventional change detector. The change segmentation measure can be used as an efficient segmentation measure for the accurate segmentation of neighboring moving objects and static background regions. Therefore, the proposed combined segmentation measure can determine exact boundaries in the segmentation process of region-based coding even though the estimated motion vectors around the boundaries of moving objects and static background regions are inaccurate and the intensities around the boundaries are similar.

* 正會員, 威德大學校 電子工學科

(Department of Electronics Engineering, Uiduk Univ.)

** 正會員, Samsung Electronics Co. LTD

(Printer Division of Information & Communication Business)

*** 正會員, Korea Broadcasting System

(Taegu Technical Operations Division)

**** 正會員, 慶雲大學校 소프트웨어工學科

(Department of Software Engineering, Kyungwoon

University)

***** 正會員, 啓明大學校 컴퓨터·電子工學部

(School of Computer Elec., Keimyung Univ.)

***** 正會員, 慶北大學校 電子·電氣工學部

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

※ 정보통신부에서 지원하는 대학기초연구지원사업으로 수행(C1-1999-4083-00)

接受日字:2000年2月1日, 수정완료일:2001年7月10日

I. 서 론

MPEG-4를 중심으로 차세대 영상 압축에 관한 국제 표준화가 활발히 진행되어 왔다. MPEG-4 표준에서는 객체 단위의 부호화를 가능하도록 표준화 작업이 진행되어 왔으며, 객체 단위로 부호화하는 영역 기반 부호화는 향후 인터넷이나 이동 통신망을 통한 다양한 멀티미디어 서비스가 가능한 장점이 있다[1]. 영역 기반 부호화 기법은 입력 영상을 동질한 특성을 나타내는 영역으로 분할한 후 윤곽선 정보, 움직임 정보, 질감 정보 및 움직임 보상 오차를 전송하는 기법이다. 영역 기반 부호화를 위한 영상 분할에서는 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역의 정확한 경계가 결정되어야 영상열에서의 움직임 보상 오차가 줄어들어 부호화 효율이 증가한다.

영역 기반 초저속 부호화를 위해 널리 연구되고 있는 영상 분할법은 크게 밝기 분할 척도(intensity segmentation measure), 움직임 분할 척도(motion segmentation measure) 및 시공간(밝기 및 움직임) 분할 척도(spatio-temporal segmentation measure)를 이용한 방법들이 연구되어져 왔다^[2~7.9]. 밝기 정보를 분할 척도로 이용하는 방법에는 수리 형태학을 이용한 영상 분할법^[2~5], 분합법(split-and-merge)^[6] 등이 연구되어져 왔다. 이중 수리 형태학에 기반한 영상 분할법이 활발히 연구되어져 왔는데, 이는 먼저 분할이 용이하도록 영상을 단순화한 후 워터셰드(watershed) 기법을 이용하여 영역을 결정한다. 이러한 기법들은 영상에서 형태, 연결성, 크기 등의 특징 추출이 용이하여 분할 결과가 자연스럽다. 그러나 밝기 정보만을 분할 척도로 이용하는 기법들은 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역간의 경계 부근의 밝기가 유사하면 정확한 분할을 할 수 없는 단점이 있다.

움직임 정보를 분할 척도로 이용하는 방법^[7]에서는 주로 움직임 추정 후 동질한 움직임으로 표현되는 화소들을 병합함으로써 영상을 분할한다. 그러나 현존하는 움직임 추정기법들^[7,8]에 의해 추정된 움직임 벡터는 특히 배경 영역의 내부나 움직임이 있는 이동체와 배경 영역의 경계부분에서 부정확하다. 이로 인하여 움직임이 있는 이동체와 배경 영역의 경계 부분에서는 정확한 분할을 할 수 없으므로 영상 열에 대한 부호화

효율이 저하된다.

최근에 시공간 정보를 이용한 분할 기법^[9]이 제안되었다. 이 기법은 밝기 및 움직임 정보를 동시에 고려하므로 밝기 또는 움직임 정보만을 사용한 분할 기법보다는 비교적 우수한 분할 결과를 가져올 수 있다. 그러나 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역의 밝기가 유사하고, 이들의 경계 부분에서 추정된 움직임 정보가 부정확할 경우 정확한 분할을 할 수 없는 단점이 있다.

Hötter는 객체기반 부호화에서 움직임이 있는 이동체 영역과 움직임이 없는 배경 영역간의 분리를 위하여 변화 검출기(change detector)^[10]기를 제안하였다. 이는 먼저 이전 프레임과 현재 프레임의 차영상을 문턱 값을 사용하여 이치화하면 프레임차(frame difference, FD) 영상에는 움직임이 있는 변화 영역(change region)들과 움직임이 발생하지 않은 비변화(unchange region) 영역들이 검출된다. 검출된 변화 영역들은 움직임이 있는 이동체 영역을 나타내며, 비변화 영역들은 프레임간의 움직임이 없는 배경 영역을 나타낸다. 그러나 기존의 변화 검출기는 많은 비변화 영역으로 판정되어야 할 화소들이 변화 영역으로 잘못 판정되는 단점이 있다. 특히 이러한 화소들이 움직임이 있는 이동체 영역 주위에 상당히 많이 존재한다. 이는 잡음 및 움직임이 있는 이동체 주위의 밝기 변화에 기인한 것으로 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역을 정확히 분리하지 못하는 주원인이 된다.

본 논문에서는 먼저 이러한 움직임이 있는 이동체 주위에서 발생한 비변화 영역들을 효과적으로 제거하고자 기존의 변화 검출기의 결과 영상에 형태학적 녹임(erosion) 필터링을 수행하여 이들을 제거하였다. 필터링된 결과 영상으로부터 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역을 정확히 분할하는데 유용한 분할 척도로 사용될 수 있는 변화 분할 척도를 정의한다. 그리고 변화 분할 척도, 밝기 분할 척도 및 움직임 분할 척도를 동시에 고려하는 결합 분할 척도(combined segmentation measure)를 이용한 영상 분할 알고리즘을 제안하였다. 실험 결과 제안한 분할 알고리즘은 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역의 경계 부분의 밝기 값이 유사하고, 또한 이들간의 경계에서 추정된 움직임 정보가 부정확하더라도 이들간의 정확한 경계를 분할할 수 있음을 보여준다.

II. 기존의 분할 척도

영역 기반 부호화에서는 먼저 영상을 임의의 형태로 분할한 후 각 영역 단위로 부호화를 수행하므로 영상 분할 성능이 전체 부호화 성능에 크게 영향을 미친다. 특히 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역의 정확한 분할은 매우 중요하다. 왜냐하면 이들간의 영상 분할이 정확하지 않으면 이후 프레임에서의 이동체 영역의 움직임으로 인하여 부호화시 영상열에서 그 움직임 보상 오차가 계속 전파되므로 부호화 효율이 저하된다. 이들간의 정확한 분할을 위해서 밝기 분할 척도, 움직임 분할 척도 및 시공간 분할 척도 등이 널리 연구되어져 왔다.

1. 밝기 분할 척도

밝기 분할 척도는 영역 기반 영상 분할에서 유용한 분할 척도로 널리 이용되어 왔다^[2-6]. 밝기 기반 영상 분할에서는 임의의 한 영역과 이의 인접 영역간의 절대 밝기 차를 분할 척도로 이용하였다. $I(x, y)$ 가 (x, y) 점에서의 밝기 값이고, $I_a(R)$ 이 영역 R 의 평균 밝기 값일 때, 밝기 분할 척도는 식 (1)과 같다.

$$S_i(x, y, R) = |I(x, y) - I_a(R)| \quad (1)$$

밝기 분할 척도를 이용한 많은 분할 방법에서는 특히, 형태학적 필터, 워터셰드 알고리즘 등을 이용한 분할 알고리즘들^[2-6]이 널리 연구되어져 왔는데, 이는 수리 형태학은 영상에서 형태, 크기, 대조 및 연결성 정보 등을 효과적으로 추출할 수 있기 때문이다. 그러나 밝기 정보만을 이용한 분할 알고리즘들은 움직임이 있는 이동체와 배경 영역의 경계 부분의 밝기 값이 유사하면 이들의 경계를 정확히 분할할 수 없는 단점이 있다.

2. 움직임 분할 척도

움직임 정보는 영상 분할시 유용한 분할 척도로 이용될 수 있다. $v_x(x, y)$ 와 $v_y(x, y)$ 가 각각 (x, y) 점에 대하여 추정된 움직임 벡터의 x 와 y 성분이고, $v_x^0(x, y)$ 와 $v_y^0(x, y)$ 가 각각 영역 R 에 대한 움직임 파라미터 모델 θ 에 의해 계산된 움직임 벡터의 x 와 y 성분일 때 움직임 분할 척도는 식 (2)와 같다.

$$S_m(x, y, R) = \sqrt{(v_x(x, y) - v_x^0(x, y))^2 + (v_y(x, y) - v_y^0(x, y))^2} \quad (2)$$

움직임 파라미터 모델로서는 6 파라미터 또는 8 파라미터 모델이 널리 사용되어져 왔다. 일반적으로 움직임 기반 분할 알고리즘에서는 움직임 추정 후 동일한 움직임 파라미터들로 표현되는 화소들을 군집화함으로써 영상을 분할하게 된다. 만약 추정된 움직임 정보가 정확하다면 부호화 관점에서 움직임 기반 영상 분할 알고리즘들의 성능이 밝기 기반 분할 기법보다 우수할 수 있다. 그러나 현존하는 움직임 추정 기법들은 많은 부정확한 움직임 추정 결과를 초래할 수 있으며, 특히 움직임이 있는 이동체와 배경 영역간의 경계 부근에서 추정된 움직임 정보는 부정확하므로 정확한 분할이 매우 어렵다.

3. 시공간 분할 척도

최근에 영상 분할시 밝기 정보와 움직임 정보를 동시에 분할 척도로 고려하는 시공간 분할 알고리즘이 개발되었으며 이는 식 (3)과 같다.

$$S_{sp} = \alpha S_i(x, y, R) + (1 - \alpha)k S_m(x, y, R) \quad (3)$$

이때 α 와 k 는 각각 가중 요소(weighting factor)와 비례 요소(scaling factor)이다. 시공간 정보가 동시에 분할 척도로 고려되는 경우, 밝기 기반 분할 척도나 움직임 기반 분할 척도만을 이용하는 경우보다 보다 정확한 분할을 할 수 있다. 그러나 영상에서는 이동체의 움직임으로 인하여 이동체 영역과 배경 영역의 경계 부분의 밝기가 유사해질 수 있으며, 또한 이들간의 경계 부근에서 추정된 움직임 정보가 부정확 할 경우 시공간 분할 척도 또한 정확한 분할을 할 수 없는 단점이 있다.

이외에도 객체 기반 부호화를 위하여 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역을 분리하는 알고리즘이 개발되었다. Hötter^[10]는 두 연속 프레임(이전 프레임 I_{t-1} , 현재 프레임 I_t)에서 움직임이 있는 이동체 영역과 움직임이 없는 배경 영역을 분리하기 위하여 변화 검출기를 제안하였다. 이는 먼저 두 연속 영상간에 화소간 단위의 프레임 차 영상을 구한 다음 3×3 창 내에서 프레임 차 값의 절대 값을 구한다. 그리고 이를 두 연속 영상의 프레임 차 영상에서 움직임이 있는 변화 영역과 움직임이 없는 비변화 영역을 분리하기 위하여 사용되어진 문턱 값 $T_{th}(t)$ 와 비교한다. 만약 3×3 창 내에서의 프레임 차 절대 값의 합이 $T_{th}(t)$ 보다 크다면 3×3 창내에서의 중심 화소는 변화 화소로 분류되며, 그

렇지 않다면 비변화 화소로 분류된다. M 이 이전 프레임 차 영상의 비변화 영역에 속하는 모든 화소수일 때 $T_{ch}(t)$ 는 이전 프레임차 영상의 비변화 영역에서 계산된 평균 자승 프레임 차 영상의 표준 편차이며 이는 다음과 같다.

$$T_{ch}(t) = \sqrt{\frac{\sum_{(x,y)} (I_{t-1}(x,y) - I_{t-2}(x,y))^2}{M}} \quad (4)$$

이상적으로 결과 영상인 변화 영상에는 이전 프레임과 현재 프레임간의 움직임이 있는 부분은 변화 영역으로, 그렇지 않는 부분은 비변화 영역으로 나타난다. 즉 변화 영상에서 변화 영역들은 변화 값(change value)이 255인 화소들로, 비변화 영역은 변화 값이 0인 화소들로 구성된다. 그러나 변화 영상에는 고립된 변화 화소 및 비변화 화소들이 많이 존재하므로 5×5 중간값(median) 필터링이 수행된다. 마지막 단계로 소영역 제거 과정을 수행하면 결과 영상으로 최종 변화 영상이 획득된다. 중간값 필터링과 소영역 제거 과정을 수행하였음에도 불구하고 잘못 분류된 영역들이 존재한다. 특히 움직임이 있는 이동체 영역 주위의 배경 영역이 변화 영역으로 잘못 판정되는 부분이 많이 존재하는데, 이러한 부정확하게 판정된 변화 영역들은 카메라의 줌 현상, 잡음 성분 및 이동체 영역의 움직임 등에 기인한다.

본 논문에서는 이러한 부정확한 영역들을 효과적으로 제거할 수 있는 새로운 변화 영역 검출기를 제안하고 이로부터 새로운 변화 분할 척도를 정의한다. 그리고 기존의 밝기 분할 척도, 움직임 분할 척도 및 제안한 변화 분할 척도를 동시에 고려한 결합 분할 척도를 제안한다.

III. 제안한 결합 분할 척도

본 논문에서는 밝기 분할 척도, 움직임 분할 척도 및 변화 분할 척도를 영상 분할 시 동시에 고려한 결합 분할 척도를 제안하였다. 이를 위하여 먼저 제안한 변화 검출기로부터 추출된 변화 영상에서 변화 분할 척도를 정의한다. 이는 제안한 분할 알고리즘에서 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역의 정확한 분할에서 유용한 분할 척도로 이용된다.

1. 제안한 변화 영역 검출기

본 논문에서는 기존의 변화 검출기로부터 잘못 판정

된 변화 영역들을 효과적으로 제거하기 위하여 기존의 변화 검출기를 변형한 변화 검출기를 제안하였으며 이는 그림 1과 같다. 먼저 이전 프레임 차 영상의 비변화 영역에서 구한 표준 편차를 문턱 값으로 이치화하여 초기 변화 영상을 구한다. 그리고 5×5 중간값 필터링 및 소영역 제거를 수행한다. 이 과정은 기존의 변화 검출기의 구조와 동일하며, 추출된 변화 영상은 영상열에서 움직임이 있는 이동체 영역이라고 추정된 변화 영역들과 움직임이 없는 배경 영역들로 구성되어 있다. 그러나 변화 영상에는 많은 잘못 추정된 변화 영역들과 비변화 영역들을 포함하고 있다. 특히 움직임이 있는 이동체 영역 주위에 존재하는 배경 영역들이 변화 영역으로 추정되어 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역이 정확히 분리되지 않는다.

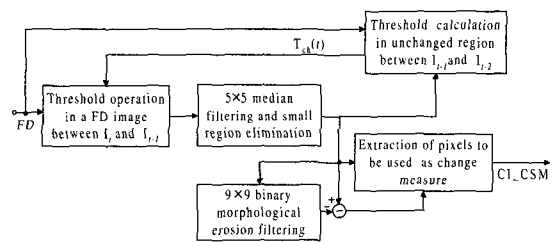


그림 1. 제안한 변화 검출기

Fig. 1. Block diagram of the proposed change detector.

본 논문에서는 움직임이 있는 이동체 영역 주위의 잘못 추정된 변화 영역들을 효과적으로 제거하기 위하여 중간값 필터링 및 소영역 제거된 변화 영상에 형태학적 9×9 녹임(erosion) 필터링을 수행하였다. A 와 B 가 각각 유클리디언(Euclidean) 또는 digital space E 에 속하는 영상과 구조 요소(structuring element) 일 때, B 에 의한 A 의 이진 형태학적 녹임은 아래와 같이 표현된다.

$$A \ominus B = \{x \in E \mid x + b \in A, b \in B\} \quad (5)$$

초기 변화 영상과 녹임된 영상의 차를 구하면 움직임이 있는 이동체 영역 주위의 부정확히 추정된 변화 영역들을 추출할 수 있다. 초기 변화 영상에서 추출된 부정확한 영역들을 제외한 결과 영상을 본 논문에서는 변화 분할 척도로 이용되는 변화 영상(change image used as change segmentation measure, CL_CSM)이라 한다. CL_CSM으로부터 영역 기반 부호화를 위한 영상 분할에

서 유용한 분할 척도로 이용할 수 있는 새로운 변화 분할 척도(change segmentation measure)를 정의한다.

2. 변화 분할 척도

CL_CSM으로부터 변화 분할 척도가 정의된다. $I_{ch}(x, y)$ 가 CL_CSM에서 임의의 (x, y) 점에서의 변화 값이고, $I_{ch}(R)$ 가 임의의 영역 R 내에서의 평균 변화 값일 때, 영역 R 과 이의 인접 화소 (x, y) 간의 차의 절대값이 변화 분할 척도로 정의되며 이는 식 (6)과 같다.

$$S_{ch}(x, y, R) = |I_{ch}(x, y) - I_{ch}(R)| \quad (6)$$

변화 화소에 대해서 $I_{ch}(x, y)$ 는 255이며, 비변화 화소에 대해서는 0이다. 초기 변화 영상과 형태학적 녹임 필터링을 수행한 영상과의 차로 인하여 추출된 부정확한 변화 화소들은 변화 분할 척도시 고려되지 않는다. 즉 중간값 필터링 및 소영역 제거된 변화 영상과 이에 대해 형태학적 녹임 필터링 한 부분의 차에 해당하는 변화 화소들은 변화 분할 척도로서 고려되지 않는다. 변화 분할 척도는 영상에서 움직임이 있는 이동체와 배경 영역을 분리하는데 있어서 변화 영상에서 부정확한 부분을 제외한 화소들에 대한 변화 값들만을 분할 척도로 고려함으로써, 기존의 밝기 분할 척도, 움직임 분할 척도와 더불어 영역기반 부호화를 위한 영상 분할시 유용한 분할 척도로 이용될 수 있다.

3. 제안한 결합 분할 척도

본 논문에서는 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역간의 정확한 분할을 위하여 밝기, 움직임 및 변화 분할 척도를 동시에 고려한 결합 분할 척도를 이용한 영상 분할 알고리즘을 제안한다. 움직임 분할 척도에서 만약 영역 R 이 affine 움직임 모델로 표현된다면 $v_x^0(x, y)$ 와 $v_y^0(x, y)$ 는 각각 다음과 같다.

$$\begin{aligned} v_x^0(x, y) &= b_1 + b_2x + b_3y, \\ v_y^0(x, y) &= b_4 + b_5x + b_6y. \end{aligned} \quad (7)$$

영역 R 에 대한 affine 움직임 모델 파라미터 $[b_1, \dots, b_6]$ 는 선형 회귀법(linear regression model)에 의해 얻어질 수 있다. 이는 움직임 파라미터들과 추정된 움직임 벡터간의 에러의 자승을 최소화함으로써 영역 R 에 대한 6 파라미터들을 추정하며 이는 식 (8)과 같다.

$$E(b_1, \dots, b_6, R) = \sum_{(x,y) \in R} [(v_x(x, y) - b_1 - b_2x - b_3y)^2$$

$$+ (v_y(x, y) - b_4 - b_5x - b_6y)^2] \quad (8)$$

b_1, \dots, b_6 에 대하여 각각 편미분을 취하고 각 식들을 0으로 씌우므로써 영역 R 에 대한 6개의 방정식이 구해진다. 최종적으로 6 파라미터는 아래와 같이 구해질 수 있다.

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum 1 & \sum x & \sum y \\ \sum x & \sum x^2 & \sum xy \\ \sum y & \sum xy & \sum y^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum v_x(x, y) \\ \sum xv_x(x, y) \\ \sum yv_x(x, y) \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} b_4 \\ b_5 \\ b_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum 1 & \sum x & \sum y \\ \sum x & \sum x^2 & \sum xy \\ \sum y & \sum xy & \sum y^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum v_y(x, y) \\ \sum xv_y(x, y) \\ \sum yv_y(x, y) \end{bmatrix}. \quad (9)$$

만약 a_1 과 a_2 가 각각 밝기 및 움직임 분할 척도의 가중 요소(weighting factor)이고, k_m 과 k_{ch} 가 각각 움직임 및 변화 분할 척도에서의 비례 요소(scaling factor)일 때 결합 분할 척도는

$$S_c(x, y, R) = a_1 S_i(x, y, R) + a_2 k_m S_m(x, y, R) + (1 - (a_1 + a_2)) k_{ch} S_{ch}(x, y, R) \quad (10)$$

이다. 결합 분할 척도를 이용한 영상 분할을 수행할 때, 밝기 분할 척도 및 움직임 분할 척도는 영상에서 모든 화소들에 대하여 계산되나, 변화 분할 척도는 부정확한 변화 영역들을 제외한 화소들만 분할시 척도로 고려된다. 결합 분할 척도는 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역의 밝기 값이 유사하고, 이들의 경계 부분에서 추정된 움직임 벡터가 부정확하다라도 이들간의 경계를 정확히 분할할 수 있는데 이는 제안한 변화 분할 척도가 이들간의 정확한 경계 결정을 하는데 있어서 유용한 분할 척도로 사용될 수 있기 때문이다.

IV. 결합 분할 척도를 이용한 영상 분할

제안한 결합 분할 척도를 이용한 영상 분할 알고리즘의 블록도는 그림 2와 같다. 이는 크게 시공간 마커 추출 및 결합 분할 척도를 이용한 영역 결정의 2단계로 구성되어 있다. 시공간 마커 추출은 공간적으로 동질한 마커를 추출하는 단계와 추출된 동질한 공간 마커내에서 동질한 움직임을 갖는 마커를 추출하는 단계

로 구성된다. 이를 위하여 먼저 분할할 현재 영상 I_t 에 대하여 수리 형태학에 기반한 단순화 과정을 수행한다. 이후 단순화된 영상에서 밝기 마커가 추출된다. 그리고 현재 영상 I_t 와 이전 영상 I_{t-1} 에 대하여 블록 매칭 알고리즘(BMA)을 이용하여 움직임을 추정한다. 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역의 경계 부분 및 배경 영역내에서 추정된 움직임 벡터는 부정확한 움직임 추정 벡터를 포함하고 있으므로, 이를 제거하기 위하여 추정된 벡터장에 중간값 필터링을 한다. 그리고 화소 단위의 움직임 벡터를 구하기 위하여 양선형(bilinear interpolation) 보간을 수행한다. 시공간 마커는 밝기 마커내에서 동일한 움직임으로 표현되는 화소들을 그룹핑함으로써 얻어진다.

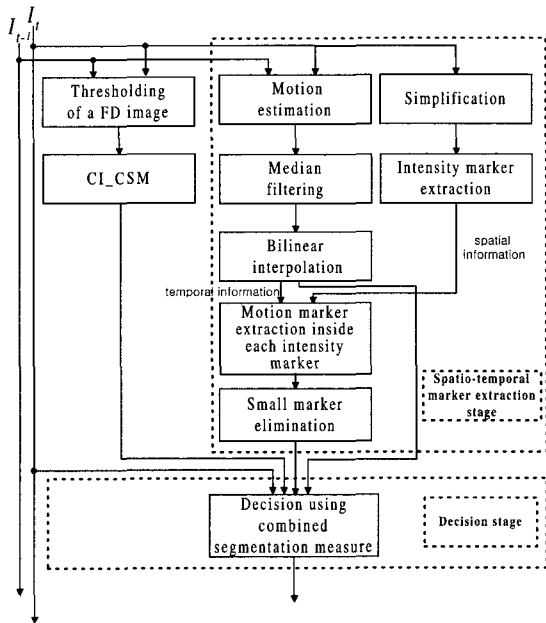


그림 2. 제안한 분할 알고리즘의 블록도
Fig. 2. Block diagram of the proposed segmentation algorithm.

영역 결정 단계에서는 아직 인접한 영역에 매핑되지 않은 화소들에 대하여 제안한 결합 분할 척도에 기반하여 워터셰드 알고리즘을 이용하여 영역을 분할한다.

1. 시공간 마커 추출

형태학적 분할 구조^[2~5,9]에서는 하나의 마커가 한 영역의 출발점이 된다. 그러므로 움직임이 있는 이동체 영역의 마커와 배경 영역의 마커는 서로 다르게 분리

되어야 한다. 마커 추출 단계는 영역의 국부적인 동질성을 만족하는 영역을 추출하는 단계이며 이는 동질한 영역의 내부를 표시한다. 그래서 마커가 되지 않은 부분은 불확실한 영역이 되어 결정 단계에서 하나의 영역으로 매핑된다. 기존의 마커 추출 기법은 주로 형태학적 기울기, 평탄한 동질 영역의 면적 및 대조가 큰 영역 등의 밝기 정보만을 이용하였다^[2~5]. 그러나 이러한 마커 추출 기법은 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역의 경계 부분의 밝기가 유사하다면 이들 두 영역에서 하나의 동질한 마커가 추출되어 부정확한 분할의 원인이 된다. 최근에 시공간 정보를 동시에 이용하여 마커를 추출하는 기법이 연구되었다^[9]. 이는 시공간적으로 동질한 부분만을 마커로 추출함으로써 밝기만을 이용한 기법에서 초래될 수 있는 문제점을 개선할 수 있다. 이 기법은 추출된 밝기 마커내에서 6파라미터 움직임 모델을 이용하여 동질한 움직임 마커를 추출한다. 이때 동질한 움직임 마커를 나타내는 척도인 문턱값이 사용되는데, 사용한 문턱 값의 작은 차이에도 불구하고 구한 마커들이 서로 달라 안정적이지 못한 단점이 있다.

본 논문에서는 단순화된 영상에서 밝기 마커를 추출하고 추출된 각 밝기 마커내에서 동질한 움직임을 갖는 영역을 추출하여 시공간 마커로 삼는다. 먼저 밝기 마커 추출을 위해 13×13 구조 요소를 이용하여 형태학적 열림_닫힘에 의한 재구성 필터링(open_close by reconstruction filtering)을 수행한다. 그리고 같은 밝기 값을 갖는 인접한 화소들을 반복적으로 그룹핑함으로써 밝기 마커를 추출한다. 밝기 마커내에서 동질한 움직임 영역을 찾기 위하여 먼저 I_t 영상에 대하여 BMA를 이용하여 움직임을 추정한다. 일반적으로 추정된 움직임 벡터는 배경 영역의 내부나 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역의 경계 부분에서는 부정확하므로 추정된 움직임 벡터장에 대하여 3×3 중간값 필터링을 수행한다. 이후 화소 단위의 움직임 벡터를 얻기 위하여 양선형 보간을 수행한다. 그리고 같은 움직임 벡터 값을 가지는 인접 화소들을 반복적으로 병합함으로써 시공간 마커를 추출하였다. 그러므로 추출된 시공간 마커는 기존의 시공간 마커 추출기법보다 안정된 마커 추출을 할 수 있다. 시공간 마커는 영역 성장을 통한 영상 분할시 밝기 및 움직임 관점에서 동질한 영역의 출발점을 나타내므로, 이는 근본적으로 움직임이 있는

이동체 영역과 배경 영역을 분리할 수 있다.

2. 결합 분할 척도를 이용한 영역 결정

추출된 시공간 마커를 중심으로 하여 시공간 마커로 추출되지 않은 화소들에 대하여 영역을 결정하는 단계이다. 이는 불확실한 모든 화소들을 가장 동질한 인접 마커에 포함 시킴으로써 영역의 경계를 결정하는 과정이다. 본 논문에서는 변형된 워터셰드 알고리즘을 이용하여 불확실한 화소들을 가장 유사한 인접 영역에 매핑한다^[3]. 이때 계층적 큐를 이용하여 반복적인 연산 없이 영역 결정을 한다.

계층적 큐를 이용한 불확실한 화소들에 대한 영역 결정은 먼저 시공간 마커 추출 단계에서 추출된 시공간 마커 화소들을 큐에 넣는다. 큐에서 시공간 마커 화소들을 꺼내면서 인접한 영역과의 밝기 분할 척도에 의한 명암도 차, 움직임 분할 척도에 의한 움직임 차, 변화 분할 척도에 의한 변화 차를 구한다. 하나의 불확실한 화소는 인접한 시공간 마커 화소들과 식 (10)에 의한 결합 분할 척도 면에서 그 차이가 가장 작은 시공간 마커 화소와 불확실한 화소를 병합한다. 이때 주변 시공간 마커 화소와 식 (10)의 관점에서 가장 차이가 큰 불확실한 화소는 우선 순위가 낮으므로 계층적 큐에 들어온 불확실한 화소중 주변 시공간 마커 화소와 차이가 작은 우선 순위가 높은 불확실한 화소들이 먼저 영역을 결정한 후 영역 결정한다. 이후 인접한 불확실한 화소들에 대한 우선 순위가 결정된다. 하나의 불확실한 화소가 영역 결정이 되면 그 영역의 명암도 평균 값, 식 (9)에 의한 영역의 6 파라미터 모델에 의한 파라미터 값 갱신 및 영역의 평균 변화 값을 갱신한 후 인접 불확실한 화소와 식 (10)을 이용하여 차를 구한 다음 차에 따라 불확실한 화소는 계층적 큐에서 우선 순위가 결정된다. 그리고 이 과정을 모든 불확실한 화소들의 영역이 결정될 때까지 반복 수행한다.

V. 실험 및 고찰

본 논문에서는 QCIF “Claire”와 “Miss America” 영상에 대하여 제안한 방법과 기존의 방법에 대하여 실험하였다. 실험에 사용된 영상들의 특징은 표 1에서와 같다. 그림 3은 본 실험에서 사용한 영상들이다. (a)는 “Claire” 영상에서의 이전 프레임 I_{t-1} 이다. 그리고 (b)는 현재 프레임 I_t 을 나타내며 이는 분할될 프레임이다.

표 1. 실험에 사용된 영상들의 특징

Table 1. The characteristic of images used in the experiment.

Name of sequence	Picture format	Characteristic
“Claire”	QCIF (176×144)	- head & shoulder image - similarity intensities of pixels around the boundaries between moving object and static background region
“Miss America”	QCIF (176×144)	

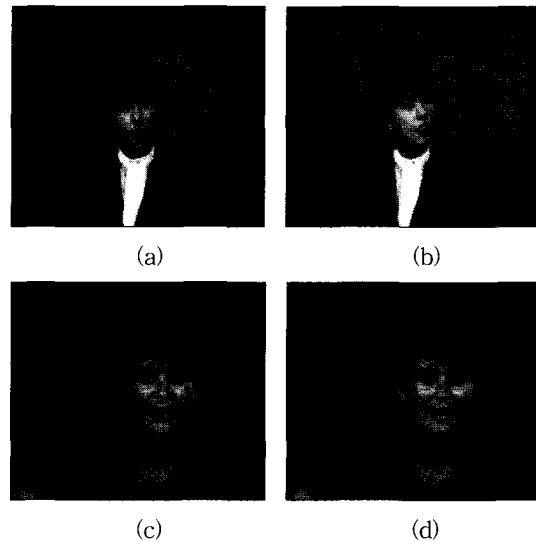


그림 3. 실험에 사용된 “Claire” 및 “Miss America” 영상의 각 두 프레임 (a) “Claire” 시퀀스의 17번째 프레임(I_{t-1}) (b) “Claire” 시퀀스의 21번째 프레임(I_t) (c) “Miss America” 시퀀스의 80번째 프레임(I_{t-1}) (d) “Miss America” 시퀀스의 83번째 프레임(I_t)

Fig. 3. Two frames for “Claire” and “Miss America” image used in the experiment. (a) “Claire”(17th frame, I_{t-1}) (b) “Claire”(21th frame, I_t) (c) “Miss America”(80th frame, I_{t-1}) (d) “Miss America”(83rd frame, I_t).

(a)에서는 움직임이 있는 얼굴 부분과 배경 영역의 경계 부분에서의 밝기 차이가 확연히 다름을 알 수 있다. (b)에서는 얼굴 영역의 움직임으로 인하여 이들간의 경계 부분의 밝기 차이가 유사하게 된 것을 볼 수 있다. (c)는 “Miss America” 영상에서의 이전 프레임 I_{t-1} 이며 (d)는 분할될 현재 프레임 I_t 이다. “Miss America” 영

상에서는 이동체가 전체적으로 오른쪽으로의 움직임을 가짐을 알 수 있다.

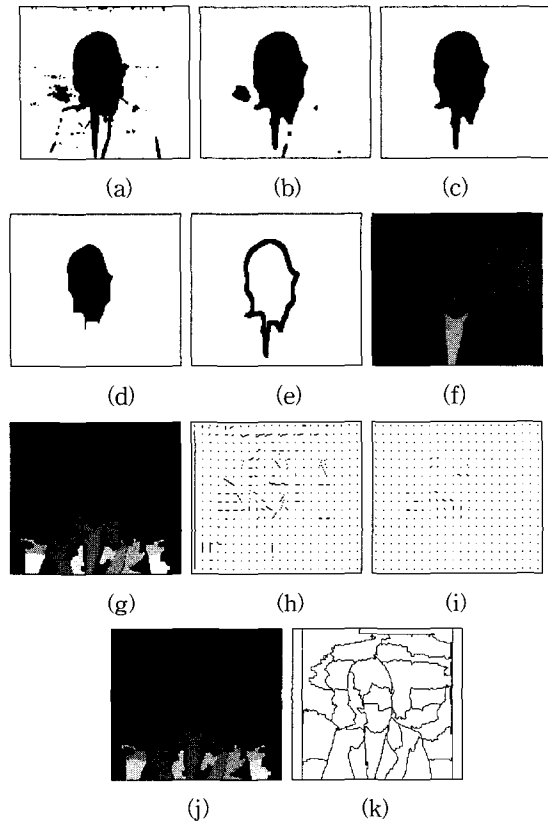


그림 4. 제안한 방법에 의한 그림 5(b)에 대한 실험 결과 (a) 이치화된 FD 영상 (b) (a)에 대해 중간값 필터링 한 결과 영상 (c) (b)에 대해 소영역 제거한 결과 영상 (d) (c)에 대해 녹임 필터링한 결과 영상 (e) 추출된 부정확한 변화 영역 (f) 열림_닫힘 재구성 필터링에 의해 단순화된 영상 (g) 밝기 마커들 (h) 추정된 움직임 벡터장 (i) (h)에 대해 중간값 필터링 및 양선형 보간을 수행한 결과 (j) 시공간 마커 (k) 분할된 경계선 영상

Fig. 4. Simulation results by the proposed segmentation algorithm for Fig. 6(b). (a) The thresholded FD image (b) Result image after 5×5 median filtering for (a) (c) Result image after the small region elimination for (b) (d) Eroded images of (c) (e) Inaccurate changed regions(black) (f) Simplified image by open_close by reconstruction filtering (g) Intensity markers (h) Estimated dense motion field (i) Dense motion field extracted after the median filtering and the bilinear interpolation (j) Spatio-temporal markers (k) Contour image of the segmented image.

그림 4는 제안한 알고리즘을 이용한 분할 과정들의 결과들과 최종 분할 결과를 보여준다. (a)는 프레임 차 영상을 이치화 한 후에 추출된 변화 영상이다. 이때 사용한 문턱 값 $T_{ch}(t)$ 는 이전 프레임차 영상의 비변화 영역에서 구한 표준 편차이다. 변화 영상에는 특히 움직임이 있는 이동체 주위에 많은 부정확하게 판정된 화소들이 존재함을 알 수 있다. (b)는 초기 변화 영상에 5×5 창을 사용하여 중간값 필터링한 결과를 보여준다. (c)는 필터링된 영상에 대하여 소영역들을 제거한 결과이다. 소영역 제거시 문턱 값으로 400을 사용하였다. 중간값 필터링과 소영역들을 제거하였음에도 불구하고 여전히 움직임이 있는 이동체 주위에 많은 부정확한 요소들이 존재하여 이동체 영역과 배경 영역들을 정확히 분리하지 못함을 알 수 있다. (d)는 9×9 구조 요소를 사용하여 형태학적 녹임 필터링을 수행한 결과이다. 비교적 부정확한 요소들이 잘 제거되었음을 알 수 있다. (e)는 (c)와 (d)의 차 영상이며 추출된 부정확한 요소들은 영상 분할시 변화 분할 척도로 고려되지 않는 화소들이다. (f)는 형태학적 열림_닫힘 재구성 필터링^[3]에 의해 단순화된 영상을 나타낸다. 이때 13×13 크기의 구조 요소를 사용하였는데 이는 너무 큰 구조 요소를 사용하면 단순화가 많이 되어 분할된 영역의 수가 너무 적을 수 있으며 또한 이동체와 배경 영역에서 하나의 같은 마커가 추출되어 이들간을 분할할 수 없다. 그리고 보다 작은 구조 요소를 사용하면 분할된 영역의 수가 너무 많아 부호화 효율이 저하될 수 있다. (g)는 (f)로부터 라벨링 알고리즘을 사용하여 밝기 마커 추출, 소영역 마커를 제거한 후의 마커를 나타낸다. 소영역 마커 제거시 사용한 문턱 값은 단순화 단계에서 사용한 구조 요소의 면적이다. (h)는 BMA에 의하여 추정된 움직임 벡터장을 나타낸다. 각 8×8 블록에 대하여 탐색 영역은 영상의 크기를 고려하여 ± 10 을 사용하였다. 추정된 움직임 벡터장은 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역의 경계 또는 배경 영역의 내부에서 많은 잘못된 움직임 추정 결과를 보여주고 있다. 이러한 결과들은 움직임이 있는 이동체 영역의 큰 회전과 배경 영역에서의 잡음 성분에 의해 발생된다고 할 수 있다. (i)는 이러한 영향을 줄이기 위하여 벡터장에 3×3 중간값 필터링을 수행한 결과를 나타낸다. 그리고 입의 모양의 영상 분할을 위해서는 화소 단위의 움직임 벡터값이 필요하므로 양선형 보간을 수행하여 화소 단위의 움직임 벡터를 구하였다. (j)

는 추출된 밝기 마커내에서 동일한 움직임 벡터를 갖는 화소들을 라벨링함으로써 추출한 시공간 마커를 나타낸다. 본 논문에서는 각각의 밝기 마커내에서 움직임 마커 추출시 움직임 파라미터 모델을 이용하지 않고 동일한 움직임 벡터값을 갖는 화소들만을 그룹핑하여 시공간 마커를 추출하였다. (k)는 제안한 결합 분할 척도를 이용하여 영역 결정된 영상의 경계선 영상을 보여준다. 실험에서 두 가중 요소 α_1 및 α_2 는 1/3를 사용하였다. 그러므로 변화 분할 척도의 가중 요소도 1/3이다. 밝기 분할 척도 고려시 하나의 불확실한 화소와 인접한 영역간의 밝기 분할 척도 값이 0에서 255사이의 임의의 값이 될 수 있기 때문에 이에 대한 움직임 분할 척도 및 변화 분할 척도의 비례(scaling) 과정이 필요하다. 움직임 분할 척도의 비례 요소 k_m 은 움직임 추정 과정에서 탐색 범위를 ± 10 을 사용하였기 때문에 $255/10$ 으로 하였다. 그리고 변화 분할 척도에서는 하나의 불확실한 화소와 인접한 영역간의 변화 분할 척도 값이 0 아니면 255뿐이므로 밝기 분할 척도 및 움직임 분할 척도와와의 비를 고려하여 경험적으로 1/3을 사용하였다. 제안한 결합 분할 척도는 움직임이 있는 이동체 영역의 큰 회전으로 인하여 이동체 영역과 배경 영역의 경계 부분의 밝기가 유사하고 (k)에서와 같이 이들간의 경계 부분에서의 추정된 움직임 벡터장이 부정확하더라도 비교적 이들간의 경계가 정확히 분할되었음을 알 수 있다.

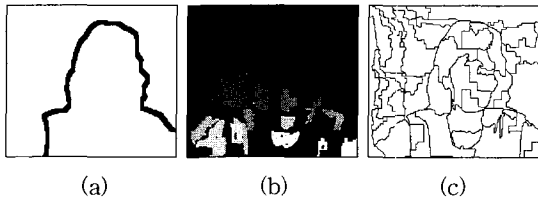


그림 5. 제안한 방법에 의한 그림 5(d)에 대한 실험 결과 (a) 추출된 부정확한 변화 영역 (b) 시공간 마커 (c) 분할된 경계선 영상

Fig. 5. Simulation results by the proposed segmentation algorithm for Fig. 6(d). (a) Inaccurate changed pixels(black) (b) Spatio-temporal markers (b) Contour image of the segmented image.

그림 3의 (d)에서 보듯이 영상 분할 실험에 사용한 “Miss America” I_t 프레임은 머리 부분의 이동체 영역과 배경 영역의 경계에서의 밝기가 매우 유사한 영상

이다. “Miss America” 영상에 대한 분할 결과는 그림 5와 같다. (a), (b) 및 (c)는 각각 부정확한 변화 영역 (a), 시공간 마커(b), 및 결합 분할 척도를 이용하여 분할한 결과(c)를 나타낸다. “Claire” 영상의 실험에서와 같이 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역의 경계가 비교적 잘 분할되었음을 알 수 있다.

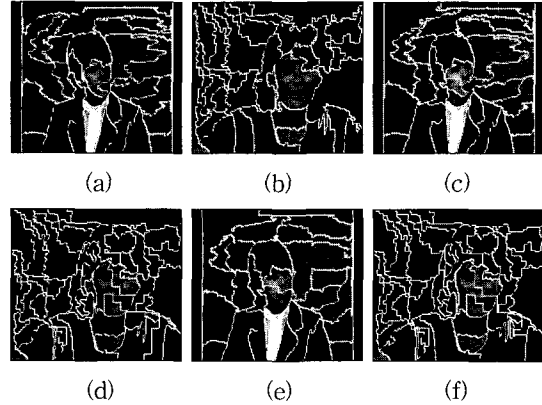


그림 6. 원영상과 분할된 경계선 영상과의 겹친 영상 (a), (b) 밝기 분할 척도 (c), (d) 시공간 분할 척도 (e), (f) 결합 분할 척도

Fig. 6. Overlapped images between the original images and segmented images. (a) and (b) intensity segmentation measure (c) and (d) Spatio-temporal segmentation measure (e) and (f) Combined segmentation measure.

그림 6은 기존의 분할 방법과 제안한 분할 방법의 분할 정확도를 비교하기 위하여 분할된 경계선 영상과 원 영상간을 겹친 결과 영상을 나타낸다. (a)와 (b)는 밝기 정보에 기반한 분할 결과들을 나타낸다^[2,3]. 그림 3(b)영상은 그림 3(a)영상에서 얼굴 영역 부분이 오른쪽으로 회전한 것이 특징이다. 이로 인하여 얼굴 영역의 오른쪽 부분과 배경 영역의 경계 부분의 밝기 값이 유사하여 그림 6(a)에서와 같이 정확한 경계를 결정할 수 없음을 알 수 있다. 그림 6(b)에서도 오른쪽 머리카락 부분 및 위쪽 머리 부분에서 부정확한 영상 분할이 되었음을 알 수 있다. 그림 6(c)와 (d)는 시공간 분할 척도^[9]를 이용한 결과 영상들이다. “Claire” 두 프레임 (그림 3(a), (b)) 영상에 대해 추정된 움직임 정보는 부정확하여 그림 6(c)에서와 같이 이들간의 경계를 정확히 분할 할 수 없음을 알 수 있다. “Miss America” 영상에 대하여 추정된 움직임 정보는 그림 6(d)에서와 같이 비교적 정확하여 정확한 분할이 이루어졌음을 알

수 있다. 그림 6(e)와 (f)는 제안한 분할 알고리즘에 의해 분할 된 결과 영상들이다. 그림 6(e)에서의 결과와 같이 제안한 알고리즘은 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역의 경계가 부정확하고, 이들간의 경계 주위에서의 밝기 값이 유사하더라도 비교적 정확한 분할을 할 수 있음을 알 수 있다. (f)에 대한 분할 결과는 시공간 분할 기법을 이용한 기법과 유사한 결과를 나타낼 수 있다.

VI. 결 론

영역 기반 부호화를 위한 영상 분할에서는 움직임 보상 오차를 최소화할 수 있는 영상 분할을 수행해야 하므로 영상 분할에서 움직임이 있는 이동체 영역과 배경 영역간의 정확한 경계가 결정되어야 한다. 지금까지 연구된 밝기, 움직임 및 시공간 분할 척도를 이용한 영상 분할 기법들은 추정된 움직임 정보가 부정확하고 이동체와 배경의 밝기가 유사하면 이들간의 정확한 경계를 결정하기 어렵다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고자 새로운 변화 영역 검출기를 제안하고 이로부터 추출되는 출력 영상으로부터 변화 분할 척도를 정의하였다. 그리고 기존의 밝기 및 움직임 분할 척도와 변화 분할 척도를 동시에 고려한 결합 분할 척도를 제안하였다.

제안한 시공간 마커 추출 기법 및 결합 분할 척도로 인하여 제안한 분할 알고리즘은 움직임이 있는 이동체와 배경 영역의 경계 부근에서 추정된 움직임 정보가 부정확하고, 이들의 경계 부근에서의 밝기 값이 유사하더라도 이동체와 배경의 정확한 경계를 결정할 수 있음을 알 수 있었다. 추후 불필요한 영역들을 효과적으로 제거하는 영역 병합 알고리즘 및 영상 열에서 새로운 이동체가 나타난 경우 이를 정확히 검색할 수 있는 새로운 이동체 검파 알고리즘을 연구하여 부호화 효율을 더욱 높일 수 있는 분할 기법에 대한 연구가 수행되어야 한다.

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] 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. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 7, no. 1, pp. 60-74, Feb. 1997.
- [3] P. Salembier and M. Pardas, "Hierarchical morphological segmentation for image sequence coding," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 3, no. 5, pp. 639-651, Sep. 1994.
- [4] W. Li and M. Kunt, "Morphological segmentation applied to displaced frame difference coding," *Signal Processing*, vol. 38, no. 1, pp. 45-56, July 1994.
- [5] K. W. Song, Y. S. Park, K. P. Han, and Y. H. Ha, "Image segmentation based on hierarchical structure and region merging using contrast for very low bit rate," *IWSNHC3DI*, pp. 294-297, Sep. 1997.
- [6] T. Pavlidis, and Y. T. Liow, "Integrating region growing and edge detection," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 12, no. 3, pp. 225-233, Mar. 1990.
- [7] G. Adiv, "Determining three-dimensional motion and structure from optical flow generated by several moving objects," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 7, no. 4, pp. 245-259, July 1985.
- [8] B. K. P. Horn and B. G. Schunck, "Determining optical flow," *Artificial Intelligence*, vol. 17, pp. 185-203, 1981.
- [9] J. G. Choi, S. L. Lee, and S. D. Kim, "Spatio-temporal video segmentation using a joint similarity measure," *IEEE Trans. on Circuits Systems for Video Technology*, vol. 7, no. 2, pp. 279-286, Apr. 1997.
- [10] M. Hötter and R. Thoma, "Image segmentation based on object oriented mapping parameter estimation," *Signal Processing*, vol. 15, no. 3, pp. 315-334, Oct. 1988.

저 자 소 개



宋 根 遠(正會員)

1968年 7月 1日生. 1993年 경북대학교 전자공학과(공학사). 1995年 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1998年 경북대학교 대학원 전자공학과(공학박사). 1999年~현재 위덕대학교 전자공학과 조교수. 주

관심분야는 영상신호처리, 영상통신, 영상 인식, 칼라 영상처리 등임



南 在 烈(正會員)

1960年 8月 12日生. 1983年 경북대학교 전자공학과(공학사), 1985年 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1991年 미국 텍사스 주립대(UTA) 전기공학과(공학박사). 1985

年 5月~1995年 2月 한국전자통신연구소 선임연구원 1995年 3月~현재 계명대학교 컴퓨터공학과 부교수. 주관심분야는 영상신호처리, 영상통신, 멀티미디어통신, 고속영상신호처리 시스템 및 ASIC 연구 등임

金 景 萬(正會員) 第 38卷 SP編 第 3號 參照

李 採 守(正會員) 第 36卷 S編 第 8號 參照

閔 垸(正會員) 第 38卷 SP編 第 3號 參照

河 永 浩(正會員) 第 38卷 SP編 第 3號 參照