

# 밝기 및 움직임 정보에 기반한 시공간 영상 분할

최제각†, 이시웅††, 김성대†††

† 경일대학교 제어계측공학과

†† 삼성전자 반도체 시스템 LSI 사업부

††† 한국과학기술원 전기 및 전자공학과

## Spatio-Temporal Image Segmentation Based on Intensity and Motion Information

Jae Gark Choi †, Si-Woong Lee ††, Seong-Dae Kim †††

† Dept. of Control and Instrumentation Eng., Kyungil University

†† Semiconductor System LSI Business, Samsung Electronics

††† Dept. of Electrical and Electronic Eng., Korea Advanced Institute of Science and Technology

cjg@bear.kyungil.ac.kr

### Abstract

This paper presents a new morphological spatio-temporal segmentation algorithm. The algorithm incorporates intensity and motion information simultaneously, and uses morphological tools such as morphological filters and watershed algorithm. The procedure toward complete segmentation consists of three steps: joint marker extraction, boundary decision, and motion-based region fusion. By incorporating spatial and temporal information simultaneously, we can obtain visually meaningful segmentation results. Simulation results demonstrates the efficiency of the proposed method.

### I. 서 론

H.261 이나 MPEG 등과 같은 기존의 동영상 부호화 기법들은 낮은 전송률에서 블럭화 현상(block effect) 등과 같은 화질 저하가 재생 영상에 나타나게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 물체별 부호화(object-based coding) 방법[1][2]이 현재 중요한 차세대 부호화 기법 중 하나로 연구되고 있다. 물체별 부호화는 영상 내용을 주어진 모형에 따라 분할한 뒤, 분할된 영역의 파라미터(예, color, shape and motion)를 부호화하여 전송한다. 따라서 분할된 영역별로 부호화가 행하여 지기 때문에 특히 영역의 경계 부근에서 우수한 재생 화질을 나타낼 수 있다.

영상 분할시 사용되는 분할기준(homogeneity criterion)으로는 움직임(motion), 밝기값(intensity)등이 있다. 움직임을 기준으로 한 영상 분할은 분할 결과가 실제 물체

경계와 일치하지 않게 되고 영상 부호화시 부호화 효율이 떨어지게 된다. 한편 밝기값을 기준으로 한 영상 분할은 비교적 정확한 영역의 경계를 찾지만 영상이 수많은 영역으로 나누어 지게 되어 움직임 관점에서 비슷한 움직임을 갖는 영역이 존재하게 된다. 따라서 영역의 모양 및 움직임 정보를 부호화하는데 많은 정보량이 필요하게 된다.

보다 정확한 영상 분할을 위해서는 밝기값과 움직임 정보를 동시에 고려하는 분할 방법에 대한 연구가 이루어져야 한다. 시공간 정보를 동시에 이용하는 영상 분할(joint spatio-temporal segmentation)이 본 연구 목표이며, morphological filter 및 watershed 알고리즘을 기본 도구(tool)로 사용하고 밝기 정보와 움직임 정보를 동시에 고려하여 영상을 분할한다. 전체적인 분할 단계는 다음처럼 3 단계로 이루어 진다. 첫단계로 joint marker 추출을 행하게 되는데 joint marker 란 밝기값과 움직임이 동시에 균일한 영역으로 영역 분할을 위한 기준 영역(seed region)으로 사용된다. 여기서 간단하고도 효율적인 joint marker 추출 방법이 제안된다. 둘째 단계로 watershed 알고리즘에 의해 시공간 영역의 경계가 결정된다. 이러한 영역 경계 결정을 위해 밝기 정보와 움직임 정보를 동시에 결합한 새로운 결합 유사성 척도(joint similarity measure)를 제안한다. 마지막으로 움직임 기준 영역 병합을 사용하여 앞단계에서 나누어진 영역들중 밝기가 다르지만 움직임이 동일한 영역을 병합하게 된다. 실험 결과, 시공간 정보를 동시에 사용하는 제안 방식이 시각적으로 의미있는 분할 결과를 나타낸다.

### II. 시공간 결합 유사성 척도

본절에서는 morphological 시공간 영상 분할을 위한 새로운 결합 유사성 척도에 대해 기술한다. 먼저 기존의 결합 유사성 척도[3]의 문제점들을 알아보고 이러한 문제점을 해결할 수 있는 새로운 유사성 척도를 제안한다.

밝기와 움직임의 동시에 고려한 영상 분할법에서 사용할 수 있는 유사성 척도(joint similarity measure)는 밝기값의 차와 움직임 차의 합으로 표현될 수 있다. 여기서 유사성 척도란 영역 R과 영역 R로 병합하려는 화소(x,y) 간의 유사성 정도를 말한다. 그리고 밝기의 차란 현재 화소의 밝기값과 병합하려는 영역의 평균 밝기값의 차를 의미하고 움직임의 차란 화소(x,y)에서 추정된 움직임 벡터 (d<sub>x</sub>(x,y), d<sub>y</sub>(x,y))와 영역 R의 움직임 파라미터 θ로부터 계산된 움직임 벡터 (d<sub>x</sub><sup>θ</sup>(x,y), d<sub>y</sub><sup>θ</sup>(x,y))의 차를 말한다. 그러나 이러한 시공간 결합 유사성 척도를 이용하는 경우 다음과 같은 문제점이 있다.

- 밝기값의 차와 움직임의 차는 서로 다른 단위를 가지기 때문에 단순히 밝기값의 차와 움직임의 차의 가중합(weighted sum)으로 유사성 척도를 정의할 수 없다.
- 존재하는 움직임 추정법[4]으로 추정된 움직임 벡터는 잘 알려진 것처럼 잡음을 포함하고 있으며 특히 움직임 경계나 변화가 없는 배경(static background)에서 부정확하다. 따라서 영역 경계를 결정할 때, 화소(x,y)의 추정된 움직임 벡터를 직접 사용하면 잘못된 경계를 추정할 수 있다.

이러한 문제점을 극복할 수 있는 새로운 유사성 척도가 제안된다. 먼저 밝기값의 유사성 척도(intensity similarity)로서 단순히 영역 R의 평균 밝기값을 사용하는 것이 아니라, 보다 정확한 표현을 위해 영역 R의 다항 근사치(polynominal approximation)을 이용한다. 따라서 밝기값의 유사성 척도는 식 (1)처럼 표현된다.

$$S'_R(x, y) = |I_{poly}(x, y; \phi) - I(x, y)| \quad (1)$$

여기서  $I_{poly}(x, y; \phi) = p_1 + p_2x + p_3y$ 이며 화소(x,y)에서 영역 R의 1차 다항 근사화된 값이다. 그리고 움직임의 유사성 척도(motion similarity)로서 움직임의 차를 이용하는 것이 아니라 간접적인 움직임 정보로 움직임 보상 오차(displaced frame difference)를 이용한다. 따라서 고려중인 화소(x,y)와 영역 R 사이의 움직임의 유사성은 식 (2)처럼 정의된다.

$$S''_R(x, y) = |I_k(x, y) - I_{k-1}(x - d_x^\theta(x, y), y - d_y^\theta(x, y))| \quad (2)$$

여기서 화소(x,y)의 움직임 보상 오차를 계산할 때 화소(x,y)의 추정된 움직임 벡터 (d<sub>x</sub>(x,y), d<sub>y</sub>(x,y))를 직접 이용하는 것이 아니라 영역 R의 affine 움직임 파라미터로 화소(x,y)의 움직임 벡터를 계산한 뒤, 이를 이용

하여 움직임 보상 오차를 계산한다. 따라서 제안된 결합 유사성 척도를 이용하므로써 다음과 같은 장점들이 있다.

- 움직임의 유사성 척도(motion similarity measure)로 움직임 차를 이용하는 것이 아니라 간접적인 척도로 움직임 보상 오차를 이용함으로써 밝기값의 유사성 척도(intensity similarity)와 같은 단위(밝기값의 차)를 갖는다.
- 화소(x,y)의 추정된 움직임 벡터를 직접 이용하지 않고 영역 R의 움직임 파라미터로 부터 계산된 움직임 벡터를 이용하여 움직임 보상 오차를 계산하기 때문에 움직임 경계나 변화가 없는 배경 영역(static background)에서 발생하는 움직임 추정의 부정확성에 기인된 문제를 해결할 수 있다.
- 움직임 보상 오차를 최소화하도록 되도록 영상분할이 이루어지기 때문에 움직임 보상시 보상 효율이 극대화된다.

따라서 시공간 정보를 동시에 이용하는 제안 결합 유사성 척도는 다음처럼 정의된다.

$$S_R(x, y) = \alpha S'_R(x, y) + (1 - \alpha) S''_R(x, y) \quad (3)$$

### III. 제안된 분할 알고리즘

#### 3.1 개요

본 절에서는 움직임 정보와 밝기 정보를 동시에 이용하는 시공간 영상분할 알고리즘에 대해 설명한다. 제안된 영상 분할 알고리즘은 morphological filters와 watershed 알고리즘을 기본 도구로 하고 3 단계로 구성된다.

그림 1에 제안된 시공간 영상 분할 알고리즘(joint spatio-temporal segmentation)의 구성도를 나타내었다. 맨 첫 단계가 joint marker 추출 단계이며, joint marker란 움직임과 밝기가 동시에 균일한 기준 영역(seed region)이다. joint marker 추출결과, 분할할 영역의 개수와 분할을 위한 기준 영역이 추출된다. 둘째 단계로서 watershed 알고리즘에 의해 시공간 영역의 경계가 결정된다. 마지막으로 부호화 관점에서 중복성이 있는 영역의 경계를 제거하기 위하여 움직임 기준 영역 병합이 이루어진다.

#### 3.2 시공간 결합 marker 추출

성공적인 morphological segmentation을 위해서는 시각적으로 중요한 marker의 추출이 매우 중요하다[5]. 밝기값과 움직임 정보를 동시에 고려하여 marker를 추출한다면 더욱 시각적으로 의미있는 marker 추출이 가능할 것이다. 본 논문에서는 밝기와 움직임이 동시에 균일한 결합 marker를 추출하는 간단하고도 효과적인 방

법을 제안한다. 그림 1에 나타난 것처럼 결합 marker를 추출하는 과정은 먼저 밝기값이 균일한 intensity marker를 추출한 뒤, intensity marker 내에 존재하는 움직임이 균일한 영역들, 즉 motion marker들을 추출함으로써 시공간 결합 marker들을 추출한다. 그 이유는 움직임은 벡터장이기 때문에 벡터장에서 균일한 영역을 추출하기가 어렵다. 따라서 밝기값이 균일한 영역을 먼저 추출한 뒤 이로부터 motion marker를 추출하여 이것을 결합 marker로 하는 것이 훨씬 간단하고 효과적이기 때문이다.

intensity marker를 추출하기 위해 먼저 영상을 단순화한다. 이때 open-close by reconstruction filter를 이용하였다[6]. 이 필터는 주어진 크기보다 작은 영역을 제거하고 나머지 영역의 윤곽선은 보존하는 성질을 갖는다. 단순화된 영상으로부터 밝기값이 균일한 영역(flat region)을 라벨링(labeling)함으로써 intensity marker를 추출하는데 주어진 문턱값보다 큰 영역만을 intensity marker로 추출한다. 그리고 이때 라벨링 방법으로 blob coloring[7]을 사용하였다.

intensity marker 내에서 움직임이 균일한 motion marker를 추출할 때 intensity marker 내에 균일한 움직임을 갖는 영역이 여러개 존재할 수 있기 때문에 이들을 추출하기 위해 다단계 과정(multipass marker extraction algorithm)을 사용하였다.

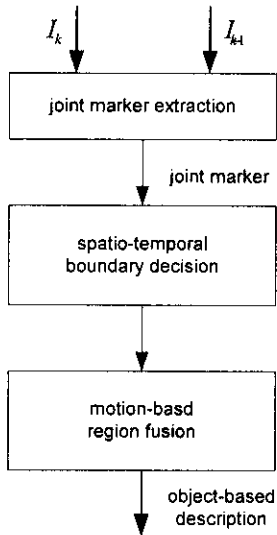


그림 1. 알고리즘의 구성도

### 3.3 시공간 영역 경계 결정

본 절은 앞에서 언급한 joint marker로부터 정확한 영역의 경계를 결정하는 과정이다. 이때 사용되는 도구는 watershed 알고리즘이며 앞절에서 제안된 시공간 결합 유사성 척도를 사용한다.

Watershed 알고리즘은 주로 지형학 분야에서 연구된 것으로, 영상 화소의 밝기값의 크기를 고도(altitude)로 생각함으로써 영상처리에 응용되었다. 이는 담수지역을 구분하는 분수령을 찾음으로써, 각각의 국부 최소치에 연관된 영역을 분할해 내는 알고리즘이다. 이제까지 분수령을 계산하기 위한 다양한 알고리즘이 제안되었으나, 가장 효과적인 것은 immersion simulation 기법[8]으로서, 이것은 계층적 queue에 의하여 구현된다.

Immersion simulation 기법에 따라 화소가 어떤 영역으로 할당되면 새로운 화소에 대해 정확한 유사성 척도를 계산하기 위하여 그 영역의 움직임 모형과 밝기에 대한 다항 계수 모형을 새롭게 계산해야 한다. 그러나, 영역 확장시 매 화소가 영역으로 할당될 때마다 영역의 다항 계수 및 affine 변환을 새로이 계산한다면 너무 계산량이 많아지기 때문에 본 논문에서는 n개의 화소가 영역에 새로이 추가될 때 마다 다항 계수 및 affine 변환을 다시 계산하였다. 몇 개의 화소가 영역에 새로이 추가된다 하더라도 그 영역의 움직임 모형과 밝기값 모형이 갑자기 변화되지는 않기 때문에 이러한 모형 갱신(update)이 가능하다. 영역의 밝기값의 다항 계수 모형은 영역의 밝기값과 근사화된 다항 계수값 사이의 차를 최소화하도록 계산하였다.

### 3.4 움직임 기준 영역 병합

앞 절에서의 영상 분할은 시공간 결합 유사성 척도를 사용하여 움직임과 밝기가 동시에 균일한 영역으로 영상을 분할한다. 따라서 밝기에 대한 다항계수(polynomial coefficients)는 다르지만 움직임 파라미터는 같은 영역들이 존재할 수 있다. 그러므로 부호화 관점에서 이러한 중복된 영역의 제거가 필요하다. 이것이 움직임 기준 영역 병합(motion-based region fusion)에 해당하며 영상 분할을 단순화하여 분할된 영역의 윤곽선 및 움직임 파라미터 정보를 크게 줄인다. 따라서 3.3 절에서 분할된 영역들이, 움직임이 유사하고 서로 이웃해 있는 경우 이 영역들에 대해 병합을 행하게 되는데 이때 사용하는 움직임의 유사성은 affine 모형을 사용하여 테스트한다.

## IV. 실험 및 고찰

본 절에서는 제안된 시공간 영상 분할 알고리즘을 이용하여 모의 실험한 결과를 제시하고 그 결과를 분석하였다. 모의실험에 사용된 테스트 시퀀스는 "Miss America" 영상(QCIF)이며 제안된 분할 알고리즘의 각 단계별 역할 및 중요성을 보이기 위해 아래에 각 단계에 대한 결과를 나타내었다.

먼저, 시공간 결합 marker 추출을 위해 morphological open-close by reconstruction filter를 사용하여 먼저 영상을

단순화한다. 단순화된 영상으로부터 intensity marker를 추출하였다. Intensity marker를 추출한 후, intensity marker 내의 균일한 움직임 영역을 joint marker로 추출하는데 그 결과를 그림 2에 표시하였다. 그림에서도 알 수 있듯이 시공간 정보를 이용한 결합 marker가 시각적으로 의미 있는 marker를 제공함을 알 수 있다.

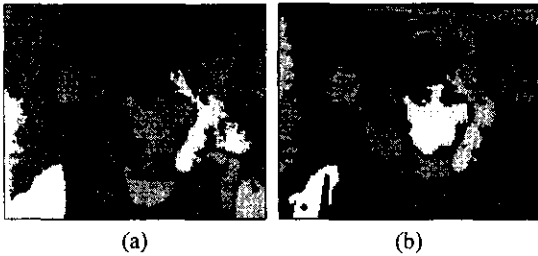


그림 2. Intensity marker 및 motion marker

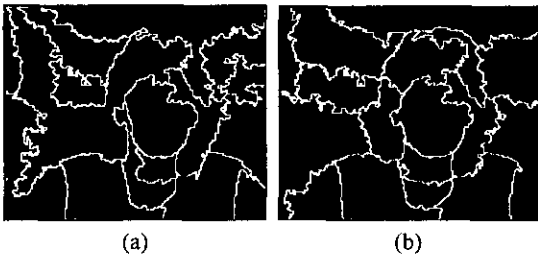


그림 3. 밝기 및 시공간정보를 이용한 분할결과의 비교



그림 4. 움직임기준 영역 병합의 결과

joint marker를 추출한 후 watershed 알고리즘에 의해 영역의 경계가 결정된다. 제안된 시공간 영상 분할의 결과를 morphology에 의한 공간 분할결과와 비교하였는데 두 결과를 그림 3에 나타내었다. 그림에 나타난 것처럼 공간 정보만에 의한 영상 분할은 밝기가 유사한 경우 배경(background) 및 물체(foreground objects)의 일부가 병합되어 분할됨을 알 수 있다. 그러나 제안된 시공간 영상 분할에서는 밝기가 유사한 물체의 경우에도 이들 사이에 정확한 영역 경계를 분할함을 알 수 있다.

그림 3에서 알 수 있듯이 앞절에서의 분할결과는 부호화 관점에서 중복성(redundancy)이 존재한다. 따라서 분할된 영역이 움직임이 유사한 경우 이를 병합하게

된다. 그 결과를 그림 4에 나타내었다. 실험 결과에서 알 수 있듯이 제안된 시공간 영상 분할이 시각적으로 의미있는 결과를 제공함을 알 수 있다.

## V. 결론

본 논문에서는 효율적인 시공간 영상 분할 알고리즘을 제안하였다. 제안 방법은 밝기 정보와 움직임 정보를 동시에 고려하고 morphological filter와 watershed 알고리즘을 기본 도구(tool)로서 사용한다. 전체적인 분할 과정은 3 단계로 구성되는데 그것은 joint marker 추출, 영역 경계 결정, 움직임 기준 영역 병합이다. 시각적으로 의미있는 marker 추출을 위해 간단하고 효과적인 joint marker 추출 알고리즘을 제안하였다. 그리고 밝기 값과 움직임을 동시에 고려하는 영역 분할을 위해 새로운 결합 척도를 제안하였다. 실험 결과에서 주어진 것처럼 제안된 시공간 영상 분할 알고리즘이 시각적으로 의미있는 분할 결과를 제공함을 알 수 있고 정확한 영역 경계를 결정하기 때문에 영상 부호화 적용시 영역 경계에서 특히 우수한 재생(reconstruction) 화질을 나타낼 것이다.

## 참고문헌

- [1] H. G. Musmann, M. Hotter and J. Osterman, "Object oriented analysis-synthesis coding of moving images," *Signal Processing: Image Communication*, vol. 1, no. 2, pp. 117-138, Oct. 1989.
- [2] P. Salembier, L. Torres, F. Meyer and C. Gu, "Region-based video coding using mathematical morphology," *Proc. IEEE*, vol. 83, no. 6, June 1995, pp. 843-857, June 1995.
- [3] W. H. Hong, N. C. Kim, and S. M. Lee, "Video segmentation using spatial proximity, color, and motion information for region-based coding," *Proc. Visual Communications and Image Processing '94*, vol. 2308, 1994, pp. 1627-1633.
- [4] B. K. P. Horn and B. G. Schunck, "Determining optical flow," *Artificial Intelligence*, vol. 17, pp. 185-203, 1981.
- [5] N. T. Watsuji, H. Katata and T. Aono, "Morphological segmentation with motion based feature extraction," *International workshop on coding techniques for very low bit-rate video*, Tokyo, Nov. 8-10, 1995.
- [6] P. Salembier, "Morphological multiscale segmentation for image coding," *Signal Processing*, vol.38, pp. 359-386, 1994.
- [7] D. H. Ballard and C. M. Brown, *Computer vision*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1982, Ch. 5, pp. 151-152.
- [8] L. Vincent and P. Soille, "Watersheds in digital spaces: an efficient algorithm based immersion simulations," *IEEE Trans. on PAMI*, vol.13, no.6, pp. 583-598, June 1991.