

# 에지 및 영역 확장을 통한 하이브리드 영상분할 기법

엄성은, 이일로, 윤갑규, 안병하  
광주과학기술원 기전공학과

## Hybrid Image Segmentation Using Edge and Region Growing

Seongeun Eom, Illo Lee, Kabgyu Youn, Byungha Ahn.  
Department of Mechatronics  
Kwangju Institute of Science and Technology  
E-mail : seueom@kjist.ac.kr

### Abstract

본 논문은 영상내의 중요한 특징인 에지와 영역을 동시에 고려한 상호 보완적인 영상분할 기법을 제안한다. 에지 또는 영역에 기반한 기법은 서로 상반된 관점의 접근방식으로 에지의 국부적인 특성 또는 영역의 전역적인 특성에 기반을 두고 있는 반면에, 제안한 하이브리드 기법은 에지 및 영역의 순차적 확장을 통해 이 두 가지 특성을 동시에 고려하고 있다. 에지는 에지 검출기로부터 얻은 그래디언트의 임계값을 통해 확장해 가며 영역은 Watershed 변환으로부터 얻은 초기분할의 영역간 유사성 및 경계선 길이를 이용해서 확장해 간다. 실험에서, 에지와 영역의 상호작용을 고려하지 않은 개별적인 기법들과 비교함으로써 제안한 알고리즘의 효과성을 확인할 수 있었다.

되어야 한다. 현재 다양한 상황식 접근방식들이 제안되고 있는데[1,2], 에지기반(edge-based) 방식과 영역기반(region-based) 방식이 그 중 대표적이라 할 수 있다. 이 두 방식은 서로 쌍대성(duality)을 이루고있는 에지와 영역 측면에서 각각 상반된 관점에서 문제에 접근하고 있다. 또한 에지는 기본적으로 명암 및 색상 등의 변화에 따른 "국부적"인 특성을 보여주는 반면, 영역은 상대적으로 "전역적"인 특성을 보여주는 요소이다. 이와 같은 상반된 관점과 상반된 특성으로 인해서 상호보완적 접근방식의 가능성을 보여주고 있다.

본 논문은 이러한 분석을 토대로 영역 및 에지 확장을 통한 하이브리드 영상분할 기법을 제안한다. 또한 에지와 영역의 상호작용(interaction)을 고려하지 않은 개별적인 처리를 통한 결과들과 비교함으로써 상호작용의 효과성을 보여준다.

### I. 서론

영상분할은 영상인식에 있어서 가장 중요한 기술 중에 하나로서, 영상을 "의미 있는" 영역(객체)으로 분리하는데 그 목적을 두고 있다. 궁극적인 영상분할기술의 형태는 영상내의 객체에 대한 사전정보를 기반으로 하는 하향식(top-down) 처리과정이 필요하지만, 그 이전에 명암, 색상, 텍스처 등과 같은 영상 그 자체의 다양한 시각정보를 통한 상향식(bottom-up) 처리과정이 선행

### II. 제안한 영상분할 기법

에지기반 방식은 에지의 특성상 부분적인 노이즈로 인해 불연속적인(disconnected) 에지가 형성되고 또한 과잉(overdetected)에지가 검출되는 결과를 가져온다. 결국 최종적으로 객체의 경계선을 추출하기 위해서는 과중한 부가적인 처리과정이 필요하다. 반면에 영역기반 방식은 초기 영역들 안에서 직접 객체를 찾고자 한다. 이 접근방식은 분명히 에지기반 방식의 문제점을 상당부분

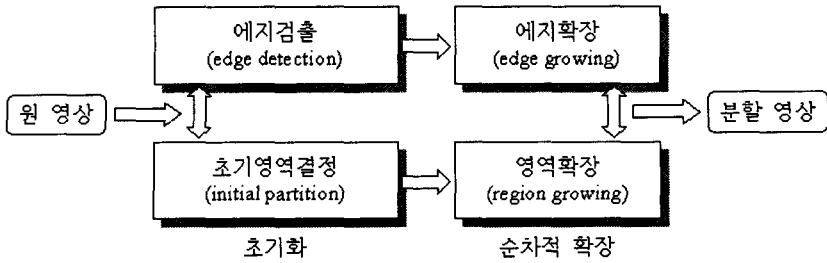


그림 1. 제안한 하이브리드 영상분할 기법

해결하지만 그러한 과정에서 국부적인 특성에 대한 부분은 어느 정도 희생을 해야 하며 부가적으로 영역 확장의 종료조건을 결정하는데도 어려움이 따른다.

이러한 두 가지 접근방식의 상반된 문제특성으로부터 에지와 영역의 순차적 성장을 통한 영상분할 기법을 고려해 볼 수가 있다. 먼저 에지 형성과정은 그래디언트 임계값의 점진적 감소에 따른 에지 확장관점에서 볼 수가 있고, 영역 형성과정은 영역 확장관점으로 볼 수가 있다. 또한 영역 확장은 등가적으로 초기 과분할 영역들의 경계선을 제거하는 과정으로 볼 수가 있다. 이러한 관점에서 위의 두 가지(에지기반/영역기반) 접근방식의 문제점을 분석해 보았을 때;

- 첫째, 불연속적인 에지 문제는 에지 확장과정에서 전체적으로 편재하는 경향을 보이지만, 영역 확장은 항상 닫힌(closed) 형태로 이루어지기 때문에 현 에지 특성을 고려해서 성장해 가면 상당 부분 문제를 해결할 수가 있다.
- 둘째, 과잉에지 문제는 작은 임계값 부분에서 지배적으로 형성이 된다. 즉 실제 객체의 경계에 해당하는 에지는 에지 형성의 초기과정에서 지배적으로 나타난다. 따라서 동시적 확장을 하면 초기의 에지 확장동안의 영역 확장은 과잉에지를 미리 제거해 주는 효과를 가져온다.
- 셋째, 영역 확장과정의 국부적 특성 고려문제는 반대로 초기 영역 확장동안의 에지 확장과정에서 실제적인 에지가 지배적으로 형성되기 때문에 동일한 방식으로 해결될 수가 있다. 또한 이후의 영역 확장에서 이미 형성된 에지의 영향으로 영상분할과정을 종료하게 된다.

이를 토대로 제안한 하이브리드 알고리즘은 그림 1

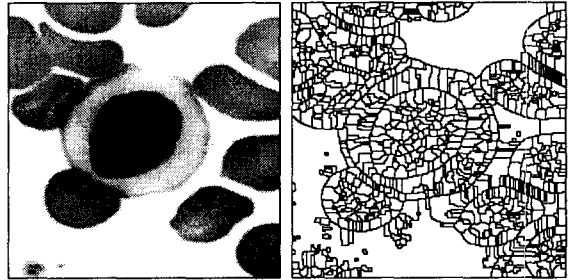


그림 2. Watershed 변환 (a) 원 영상 (b) Watersheds

과 같다.

**초기화** 에지 및 영역의 확장을 통해서 영상을 분할하기 위해서는 먼저 초기화가 이루어져야 한다. 에지 확장의 초기화는 그래디언트기반의 대표적인 검출기법인 Canny 에지 검출기법을 통해서 이루어진다[3]. 에지 확장은 에지가 전혀 없는 상태에서 시작하지만 히스테리시스(hysteresis) 임계값을 이용해서 확장하기위해서 이 초기화단계에서 우선순위를 정할 필요가 있다.

한편 초기 영역은 Watershed 변환을 통해서 얻을 수 있다[4,5]. 일반적으로 Watershed 변환은 그림 2와 같이 다수의 국부적 최소점으로 인한 영상의 과분할 상태를 가져오기 때문에, 이 변환을 통해서 최종적인 영상분할을 얻기 위해서는 다수의 최소점 문제를 해결해야 한다[5]. 하지만 여기에서는 단지 영상내의 객체들의 경계선을 유지하는 적당한 초기분할을 얻고자 하기 때문에 부가적인 이전 작업이 필요 없이 Canny 에지 검출과정에서 얻어진 그래디언트 영상을 통해서 초기 영역을 얻을 수 있다.

**에지확장** 에지확장은 단순히 초기화를 통해서 얻어진 에지정보(우선순위)로부터 이루어지는데 이때에 모든 객체의 경계선은 Watersheds 상에 존재한다고 가정하고 Catchment basins 상의 에지는 고려하지 않는다. 결

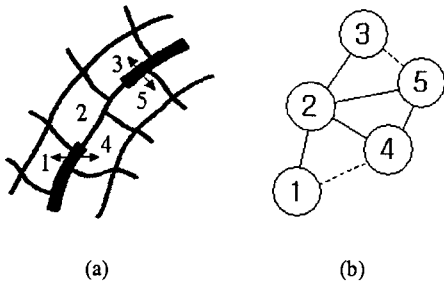


그림 3. 상충영역 (a) Watersheds 와 에지 (b) 대응하는

RAG

과적으로 에지는 이웃하는 영역사이에서 성장하게 된다. 이 과정은 앞서서도 설명했듯이 두 가지 측면에서 중요한 역할을 한다. 첫째, 초기단계에서 두드러진 국부적인 특성을 보이는 경계선을 검출하고 둘째로 "상충영역"을 통해서 영상분할과정을 종료 시킨다[6].

에지 확장과정에서 서로 이웃 하는 영역사이에 에지가 두드러지게 형성되었을 때 이 영역들은 서로 다른 객체에 속해있다고 가정할 수 있고 이 영역들은 상충하는 영역, 즉 "상충영역"이라고 정의할 수 있다. 다음조건을 만족하는 경계선은 서로 상충하는 영역을 갖는다고 간주할 수 있다:

$$B_{i,j} = \frac{N_{i,j}^c}{N_{i,j}^b} > T_b \quad (1)$$

$N_{i,j}^c$  : 경계선상의 에지 픽셀 수,

$N_{i,j}^b$  : 경계선의 총 픽셀 수.

그림 3 은 그 예를 보여주고 있는데 에지 및 영역의 순차적 확장과정에서 모든 영역들이 이와 같은 상충관계에 있을 때 영상분할과정은 종료하게 된다.

**영역확장** 영역확장은 기본적으로 영역간의 유사성(similarity)을 고려해서 병합해 나가는 과정이다. 제안한 알고리즘에서는 Mumford and Shah 모델을 이용한다[7,8]:

$$F(u,W) = \int_{\Omega-W} (u - u_0)^2 dx + \beta \int_W ds \quad (2)$$

$\Omega$ : 영상 전체 집합,

$W$ : 영상내의 Watersheds 집합.

여기서  $\beta$  는 경계선길이에 대한 가중치로서, 값이 증가할 수록 경계선은 줄어들게 된다. 즉, 초기에 형성된 Watersheds 를 제거해 나간다. 이 모델에 기반한 영역 확장과정은 다음과 같다[8];

- (i) Watershed 변환을 통해서 얻은 초기영역과

Watersheds 를 각각  $u_0$  와  $W_0$  로 하고  $\beta_0 = 0$  로 초기화한다.

- (ii) 주어진  $\beta$  값에 대해, 에너지  $F$  를 최소화하는 모든 영역들을 병합한다.
- (iii)  $\beta$  값을 일정하게 증가시키고 위 과정을 반복한다.

위 (ii) 과정에서 다음 조건식을 만족하는 영역들은 에너지  $F$  를 최소화한다[9]:

$$\beta \cdot \ell(R_i, R_j) \geq \frac{N_i \cdot N_j}{N_i + N_j} (\mu_i - \mu_j)^2 \quad (3)$$

$\ell$ : 두 영역사이의 경계선 길이,

$N_i, N_j$ : 각 영역의 크기 (픽셀 수),

$\mu_i, \mu_j$ : 각 영역의 평균값.

즉, 주어진  $\beta$  값에서 두 영역의 병합에 따른 에너지의 증가량(우향)이 그 두 영역사이의 경계선길이의 감소에 따른 에너지의 감소량(좌향)보다 작은 경우, 그 두 영역은 병합할 수 있다. 여기에서 주의해야 할 점은 경계선 길이를 계산할 때 현 에지 확장과정에서 형성된 에지는 고려하지 않는다.

이 영역확장과정은 초기단계에 과잉에지를 충분히 제거해 주는 한편 에지의 영향 하에 불연속적인 에지를 연결해 주는 효과를 가져온다.

### III. 실험결과

제안한 알고리즘의 성능을 평가하기위해서 그림 4(a)와 같은 비교적 텍스처 특성이 약한 영상을 이용하였다. 먼저 에지확장의 초기화 과정에서 사용한 Canny 에지검출기는  $\sigma = 1$  인 Gaussian 필터를 사용하였고 초기분할은 Vincent and Soille 알고리즘을 통해서 얻었다. 순차적 성장과정에서, 에지는 히스테리시스의 하위 임계값을 0 으로 설정하고 상위 임계값을 감소시킴으로써 확장해 가며 영역은 경계선 길이에 대한 가중치  $\beta$  를 증가시키면서 병합해 간다. 영상분할의 종료시점을 결정하는 두 가지 중요한 파라미터인 상충영역 임계값  $T_b$  와 상호성장 속도 비(영역:에지)는 각각 0.4 와 1.5 로 설정하였다.

이러한 설정으로, 에지 및 영역의 순차적 확장을 통한 실험결과는 그림 4(b)에서 보여주고 있으며 에지와 영역간의 상호작용이 없는 개별적인 확장기법과 비교하기 위해서 하이브리드 기법이 자동종료 한 시점에

참고문헌

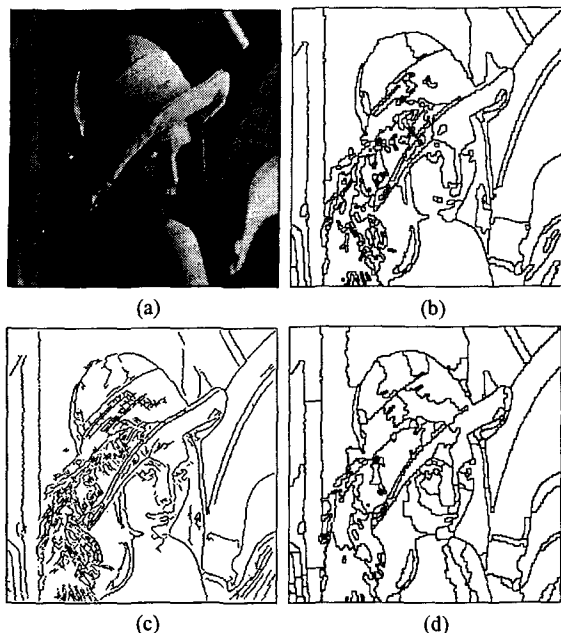


그림 4. 실험결과 (a) 원 영상 (b) 에지 및 영역 확장  
(c) 에지 확장 (d) 영역 확장

서의 에지 임계값과 최종영역 수에 대응하는 각각의 결과를 그림 4(c)와 그림 4(d)에서 보여주고 있다. 그림 4(b)-(d)의 결과들로부터 제안한 알고리즘은 불연속적인 에지를 연결하고 과잉에지를 제거하는 동시에 국부적인 특성을 잘 반영하고 있음을 확인할 수 있다.

IV. 결론 및 향후과제

에지와 영역은 영상내의 상반된(국부적/전역적) 특성을 반영하며 서로 쌍대성을 이루고 있기 때문에 본 논문에서는 에지와 영역의 순차적 확장을 통한 상호 보완적인 접근방식을 제안하였다. 이 하이브리드 기법은 에지확장을 통해서 국부적인 특성을 고려하는 동시에 영역 확장과정으로부터 에지의 불연속성과 과잉검출의 문제점을 해결한다. 또한 영역간의 "상충성"을 고려해 자동 종료된다.

그러나 제안한 기법에서 상호확장 속도 비는 좀더 고려해 볼 필요가 있다. 그 속도 비에 따라 과분할 또는 저분할의 결과를 가져올 수 있기 때문이다. 따라서 최적의 분할결과를 얻기 위해서는 상호 확장과정에서 속도비가 적절하게 조절이 되어야 한다. 이점에 대한 연구가 향후 요구된다.

[1] M. Sonka, V. Hlavac, and R. Boyle, *Image Processing, Analysis, and Machine Vision*, PWS Publishing, CA, 1999.

[2] N. R. Pal and S. K. Pal, "A review on image segmentation techniques," *Pattern Recognition*, vol. 26, no. 9, pp. 1277-1294, 1993.

[3] J. Canny, "A computational approach to edge detection," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. PAMI-8, pp. 679-698, Nov. 1986.

[4] L. Vincent and P. Soille, "Watersheds in digital spaces: An efficient algorithm based on immersion simulation," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 13, no. 6, pp. 583-598, Jun. 1991.

[5] P. Soille, *Morphological Image Analysis*, Springer, Berlin, 1999.

[6] S. Eom, S. Chang, and B. Ahn, "Watershed-based region merging using conflicting regions," *Proc. Int. Conf. Image Processing*, vol. 2, pp. 781-784, 2002.

[7] G. Aubert and P. Kornprobst, *Mathematical Problems in Image Processing*, Springer, NY, 2002.

[8] J. Morel and S. Solimini, *Variational Methods in Image Segmentation*, Birkhauser, Boston, 1995.

[9] J. Froment and L. Moisan, *MegaWave2 User's Modules Library*, CMLA, 2003.