

# 세포 영상 영역 분할을 위한 Threshold를 적용한 Region Growing 기법

강미영\*, 하진영\*, 김호성\*\*, 김백섭\*\*\*

\*강원대학교 컴퓨터·정보통신공학부, \*\*성신여대 전산학과, \*\*\*한림대학교 컴퓨터공학부

## Region Growing Technique Using Threshold for Cell Image Segmentation

Mi-Young Kang\*, Jin-Young Ha\*, Ho Sung Kim\*\*, Baek-sop Kim\*\*\*

\*Division of Computer, Information & Communications Engineering, Kangwon University

\*\*Department of Computer Science, Sungshin Women's University

\*\*\*Department of Computer Engineering, Hallym University

### 요 약

자극경부진 세포인식 시스템에 있어서 가장 중요한 것이 영상처리를 이용하여 세포핵과 세포질을 추출하여 세포의 형태적인 정보를 알아내는 과정이다. 기존의 전역 thresholding 기법이나 region growing의 경우는 pap smear 검사를 통해 얻어진 세포 영상 분할에 있어서 over-segment나 under-segment 하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 효과적으로 세포 영상을 분할 할 수 있는 region growing 기법을 제안한다. 제안된 region growing 기법은 초기에 seed를 검출할 때 local threshold 개념을 도입하여 seed의 검출을 고르게 하고, 2가지 확장 조건을 사용하여 영역을 확장한다. 첫 번째 확장 조건은 비정상 세포나 artifact가 많아서 어둡게 나타나는 영상이나 세포질과 배경의 경계가 뚜렷하지 않아서 세포질의 구별이 어려운 영상의 영역 분할이 가능하도록 그 특성을 반영하고, 두 번째 조건은 세포가 흡수하는 빛의 양이 일정하다는 가정으로 영상에서의 지역 특성(gray level, color 등)을 반영한다. 제안된 기법은 정상세포 영상뿐만 아니라 비정상 세포 영상에 대하여 over-segment나 under-segment하는 경우를 줄여서 영역 분할에 좋은 결과를 보인다.

### 1. 서론<sup>1)</sup>

자극 경부진 세포인식 시스템에서 가장 중요한 것은 인식을 위해 특징 추출이다. 세포 영상에서는 많은 특징을 추출할 수 있지만 그 중에서 가장 기본이 되는 세포의 형태적인 정보를 얻기 위하여 영역 분할을 통해 세포핵과 세포질을 추출해야 한다.

영역 분할 기법에는 thresholding 기법[1], edge detection 기법[2], region growing 기법[3] 등 여러 가지가 있다. Thresholding 기법은 세포 영상이 크게 핵과 세포질, 배경으로 구성되므로 luminance histogram 분포가 세 부분의 peak를 보이므로 핵과 세포질, 세포질과 배경사이의 2개의 threshold value를 가지고 영역을 분할한다. 이 기법은 간단하고 처리 속도가 빠르지만 핵과 세포질, 배경의 histogram이 염증세포나 세포의 종류에 따라 균일하지 않으므로 영역 분할이 어렵다[4]. Edge detection 기법은 영상의 밝기가 변하는 지점에 존재하는 에지를 추출하여, 세포 영상에서 세포의 위치, 모양과 크기, texture가 어떠한지 알 수 있으나, 세포 영상의 많은 artifact나 핵 안의 작은 점이나 핵소체(nucleolus), 세포의 group에 대해 많은 edge가 생성되어 영역이 분할이 어렵다[4]. Region growing 기법은 seed 확소를

중심으로 영역을 확장 시 화소의 차가 일정 임계값 이상이 되면 확장을 멈추어 영역 분할을 하므로 비교적 정확하게 영역 분할이 가능하나 시간이 오래 걸린다. 특히 세포영상에 있어서 핵의 gray level 분포가 심하므로 고르게 seed를 찾는 것이 어렵고 세포질이 반투명하여 배경과 구별이 어려워 영역 분할이 쉽지 않다.

본 논문에서는 많은 영역 분할 기법 중에서 비교적 영역 분할이 잘되는 region growing 기법을 자극 경부 세포진 영상에 맞게 수정, 보완하였다. 제안한 기법에서는 seed를 고르게 찾기 위하여 local threshold 기법을 적용하였으며, 배경과 구별이 어려운 세포질의 영역 분할을 위하여 global threshold 개념을 도입하였다. 제안된 기법은 실험 대상이 되는 영상이 비교적 깨끗한 정상 세포영상 뿐만 아니라 핵과 세포질의 구별이 어려운 비정상세포가 포함된 영상의 영역 분할에 증점을 두었다. 본 논문 2절에서는 region growing 기법을 살펴보고, 3절에서는 제안한 threshold에 의한 region growing 기법을 설명한다. 4절에서는 실험 방법 및 결과 분석을 하고 5절에서는 결론 및 향후과제를 제시하고 마친다.

### 2. 기존의 Region Growing 기법

Region growing 기법은 화소간의 유사도를 측정하여 영역을 확장하여 분할하는 방법이다. 우선 하나의 seed 영역을 잡아서 인접 화소의 유사도를 측정하고 seed 영역에 속하는지를 판단한다. 이때 유사도는 식(1)과 같이 정의된다.

1) 본 연구는 보건복지부의 선도기술·의료공학기술개발사업의 연구비 지원을 받았습니다

두 인접 화소 A, B에 대하여

$$|g(A) - g(B)| \leq \theta \quad (1)$$

이다. 여기서  $g(A)$ ,  $g(B)$ 는 gray level이며  $\theta$ 는 임계값이다. 즉 두 gray level 차인 유사도가 절대적인 임계값  $\theta$ 안에 속하면 같은 영역으로 확장하고, 임계값보다 크면 확장을 멈추어 영역을 분할한다.

이러한 전통적인 region growing 기법에서 이웃 화소간의 유사도 측정과 절대적인 임계치는 세포 영상과 같은 object내의 gray level 변화가 심하고 object가 배경과의 경계가 불분명한 경우에 비효율적이다.

다음 장에서는 기존의 region growing 기법을 보완하기 위하여 local threshold 기법을 적용하여 seed 영역을 추출하고, seed 영역과 이웃 화소와의 유사도 측정과 threshold 기법을 적용하여 확장을 제어하는 수정된 region growing 기법을 제안한다.

### 3. Threshold를 적용한 Region Growing 기법

#### 1) Local Threshold을 이용한 Seed 검출

보통 region growing 기법에 있어서 seed를 검출하기 위하여 global thresholding을 이용하여 seed 영역을 검출한 후, 그 seed 영역에서 한 seed 화소를 추출하여 영역을 확장한다. 그러나 이러한 방식은 세포 영상에서 핵 내의 핵소체(nucleolus)나 작은 점들에 의해서 영역 확장에 영향을 주어 영역이 작게 분할된다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 여기서는 seed 영역 자체에서 확장한다.

이 방식에서 global threshold value는 세포 영상에서 세포의 빛 흡수가 일정하다는 가정에 근거하여 통계적으로 얻어진다. global threshold는 자궁세포진의 영상에는 여러 종류의 세포가 섞여 있으므로 seed 영역을 추출하는 global threshold value가 낮거나 높아서 모든 세포의 핵이 추출되지 않거나 세포질까지 크게 추출하는 문제점이 발생한다. 이를 보완하기 위하여 김재륜에 의해 제안된 local thresholding 기법[5]을 사용하여 각 화소마다 식(2)을 수행하여 threshold value를 보정한다. 즉 보정된 ThNew에 의하여 seed 영역을 추출하게 된다.

$$ThNew = ThGlobal + (AvgWindow - AvgGlobal) \times \alpha \quad (2)$$

여기서 Thglobal은 global thresholding value이며, AvgGlobal은 영상 전체의 그레이 레벨의 평균이고, AvgWindow는 현재 화소 주위의 사각 띠의 평균을 나타낸다.  $\alpha$ 는 비율을 나타내는 값으로 통계적으로 얻어지는 값이다.

#### 2) 영역 확장 제어 방법

자궁 경부 세포진의 특성으로 핵과 세포질의 경계나 세포질과 배경의 경계가 뚜렷하게 나타나지 않는 영상이 많이 나타난다.

세포핵의 경우는 기존의 region growing 인 인접 화소간의 유사도 측정으로는 핵 내의 핵소체(nucleolus)에 의한 급격한 gray level변화가 심한 경우나 세포질의 gray level 변화가 심하여 핵과 세포질의 gray level 차가 거의 없이 어두운 경우에 영역 분할이 어렵다. 반면 세포질의 경우는 세포핵의 영역 분할과는 달리 배경의 gray level 변화가 일정하므로 기존의

region growing 기법으로 적용이 가능하다. 그러나 세포질과 배경의 경계가 뚜렷하지 않은 경우에 제어가 되지 않으므로 object에 대한 최대 확장 가능한 threshold value를 가지고 있어야 한다.

영역 확장을 위한 첫 번째 조건인 유사도 측정은 핵과 세포질에 대하여 서로 다른 방식으로 제어된다. 그 중 핵에서 seed 영역과 인접 화소간의 유사도 측정은 다음 식(3)과 같이 표현할 수 있다.

$$|SR_{aug}(i, j) - N_{aug}(i', j')| \leq grow\_stop' \quad (3)$$

여기서  $SR_{aug}(i, j) = \frac{1}{p} \sum_{g(i', j') \in seed} \sum_{region} g(i', j')$  이다. 단  $p$ 는 seed 영역에 속하는  $g(i', j')$ 의 개수이며,  $g(i, j)$ 는 pixel(i, j)의 gray level이다. 그리고

$$N_{aug}(i, j) = \frac{1}{2} \left( g(i, j) + \frac{1}{4} \sum_{g(i'', j'') \in N_4(i, j)} g(i'', j'') \right)$$

이다. 단  $N_4(i'', j'')$ 는 pixel(i'', j'')의 4-neighbor 이다.

다음으로 세포질의 영역 확장에 사용되는 유사도 측정은 seed 영역에 속하는 한 화소와 그 이웃하는 화소와 4-neighbor 화소의 평균의 차로 측정할 수 있으며 식(4)으로 표현한다.

$$|S(i, j) - N_{aug}(i', j')| \leq grow\_stop'' \quad (4)$$

여기서  $S(i, j) = \{pixel(i, j) \in seed\}$  이다.

영역 확장을 위한 두 번째 조건은 세포핵이나 세포질인 object가 확장 시 유사도 측정으로 제어되지 않는 경우에 해당되는 것으로 세포질과 배경과의 경계가 불분명할 때에 이용된다. 이를 식(5)로 나타낸다.

$$g(i', j') \leq gray\_stop \quad (5)$$

단  $g(i', j')$ 는 pixel(i, j)의 확장할 8-neighbor이다.

확장 파라미터인 grow\_stop은 유사도의 임계값이며 gray\_stop은 최대 object threshold value로 object의 gray level 임계값이다. 두 가지 region growing을 위한 파라미터는 영상마다 histogram 분포에 의한 값으로, 통계적으로 파라미터 tuning에 의해서 획득되어진다.

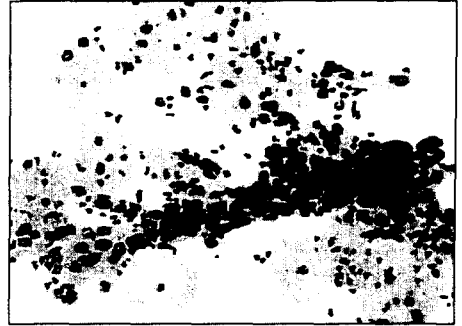
### 4. 실험 방법 및 결과

제안한 threshold를 적용한 region growing 기법을 자궁 경부 세포진 영상에 적용하여, threshold 기법에 의해 영역 분할된 영상과 비교해 보았다.

본 실험에 사용한 방법은 먼저 세포의 핵에 대하여 local threshold을 이용한 seed detection 방법으로 seed 영역을 추출하여 labeling 후에 제안한 기법인 seed 영역과 인접 화소간의 유사도를 측정하여 세포핵에 대한 영역 분할을 수행한다. 분할된 세포핵을 기준으로 세포질의 영역 분할을 위해 seed 영역을 확장한 후, seed 영역의 한 화소와 인접 화소의 4-neighbor 화소의 평균의 차로 유사도를 측정하여, 제안한 확장 파라미터를 이용하여 세포질에 대한 영역 분할을 수행한다. 이때에 region growing에 사용된 파라미터들은 다음과 같다.

- ① 핵의 seed 영역을 잡기 위한 local threshold value
  - ThGlobal : 50%
  - 현 화소의 local average block size : 10 화소
  - $\alpha$  : 0.5 (비율)
- ② 핵의 확장 파라미터
  - grow\_stop : 20%
  - gray\_stop : 70%
- ③ 세포질의 seed 영역을 잡기 위한 threshold value
  - CYTOPLASM\_HISTO\_MIN : 92%
- ④ 세포질의 확장 파라미터
  - grow\_stop : 8%
  - gray\_stop : 97%

(여기서 백분율은 영상의 luminance histogram의 전체 화소 수의 0.05% error 제거한 최소 gray level을 min으로 하고, histogram에서 배경의 peak인 gray level을 max로 하였을 때를 기준으로 한 수치이다.)



<그림 5> Thresholding 기법에 의해 분할된 세포 영상(60%, 94% threshold value)

<그림1>은 세포 영상의 luminance 영상이다. 이 영상의 상단 부분에는 세포질과 배경의 경계가 뚜렷하지 않으며, 중심 부분에 좌우로 길게 핵과 세포질의 경계가 뚜렷하지 않은 비정상 세포가 위치하고 있다. <그림1>은 <그림2>에서 <그림3>으로 local threshold를 이용하여 seed 영역이 추출되고, 이것을 제한한 방법에 의해 region growing 하여 <그림4>와 같은 영상이 얻어진다. <그림 5>의 thresholding 기법과 비교하여, overlap이 많은 핵과 배경과의 경계가 불분명한 세포질에 대하여 정확한 영역 분할이 이루어진 것을 볼 수 있다.



<그림 1> 자궁경부 세포진 영상(비정상세포)



<그림2> Global threshold에 의해 얻어진 보정된 seed 영상



<그림 3> Local threshold를 이용해서 보정된 seed 영상



<그림 4> 제안 region growing 기법에 의한 영역 분할 영상

### 5. 결론 및 향후 연구 과제

자궁 경부 세포진 영상은 영상 자체의 복잡성 때문에 기존의 일반적인 영상분할 기법은 좋은 결과를 얻기 힘들다. 따라서 본 논문에서는 자궁 경부 세포진 영상에 대하여 효과적인 영역 분할을 수행하는 threshold를 적용한 region growing 기법을 연구하였다.

본 논문에서 제안한 기법은 영역 분할 면에서는 효과적이거나 수행 속도가 느리다는 단점을 가지고 있다. 따라서 실제 인식 시스템에서 이용되기 위해서는 수행 속도의 개선이 필요하다. 또한 많은 다양한 영상에 대하여 최적의 영역 분할이 가능하도록 특성 정보를 확장 조건에 더 추가할 필요가 있으며, 확장 조건으로 컬러정보나 컬러와 luminance의 조합된 정보들이 이용될 수 있다. 또한 region growing에 있어서 상대적으로 임계값을 구하는 방법이 요구되어진다.

### 참고 문헌

- [1] Joan S. Weszka, "SURVEY : A Survey of Threshold Selection Techniques", Computer Graphics and Image Processing, vol. 7, pp.256-265, 1978.
- [2] Rafael C. Gonzalez and Paul Wintz, Digital Image Processing, 3rd Ed., Addison-Wesley, 1993
- [3] Tetsuo Asano, Naokazu Yokoya, "Image Segmentation Schema for Low-level Computer Vision", Pattern Recognition, vol. 14, pp.267-273, 1981.
- [4] 은성경, 박찬모, 박화순, 윤소영, 조민선, 조수연, 김성숙, "영상처리를 이용한 자궁경부 세포진의 자동탐색 방법에 관한 연구", 대한세포병리학회지, 제5권, 제1호, pp. 15-22, 1994.
- [5] 김재륜, "자궁경부암세포 영상분할을 위한 Thresholding 기법", 한국정보과학회 '99 추계 학술발표논문집(제재 예정).