

단계적인 Marker 영상을 적용한 Watershed 알고리즘에 의한 영상 분할

김경록*, 채옥삼
경희대학교 전자계산공학과

A Study of the Image Segmentation Using Watershed Algorithm Applied by the Gradual Marker

KyungRok Kim, OkSam Chae
Dept. of Computer Engineering, Kyunghee Univ.

요 약

영상 분할(image segmentation)은 주어진 영역에서 의미 있는 영역만을 분리해 내는 과정으로 컴퓨터 비전 분야에 있어 매우 중요한 단계로 취급되어 진다. 본 연구에서는 기존의 영상 분할 알고리즘들의 문제점을 해결하고자 단계적인 marker 영상을 적용한 watershed 알고리즘을 제안하였다. 제안한 방법은 단계적인 level의 조절에 따라 분할의 정도를 선택할 수 있으며 watershed 알고리즘의 특성인 정확한 물체 검출의 장점을 살릴 수 있다.

1. 서론

영상 분할(image segmentation)은 주어진 영상에서 의미 있는 영역만을 분리해 내는 과정으로 컴퓨터 비전 분야에 있어 필수적이면서도 매우 중요한 단계로 취급되어 진다. 하지만 지금까지 많은 영상 분할 방법들이 개발되어졌지만 그 오랜 역사에도 불구하고 일반적으로 적용 가능한 알고리즘은 아직까지 개발되지 못하였다.

영상분할 알고리즘은 일반적으로 명암도의 불연속성에 근거를 둔 edge-based 방법과 명암도의 유사성에 근거를 둔 region-based 방법으로 나뉜다[1][2]. Edge-based 방법은 영상의 경계선 정보를 바탕으로 의미 있는 영역들을 추출해 내는 방법이다. 하지만 잡음에 민감하고 폐곡선 형태의 경계선을 얻기가 다소 어려운 단점이 있다. 따라서 경계가 불분명한 복잡한 영상에서의 정확한 물체 추출에는 많은 문제가

따른다. Region-based 방법은 화소들간의 유사성에 기반한 방법으로 잡음이 많은 환경에서 물체의 세밀한 경계 부분에 대한 기술이 중요하지 않은 경우 좋은 성능을 발휘하지만 추출된 영역이 끊기는 단점이 있을 뿐만 아니라 잡음이나 경계에서의 번짐에 약하기 때문에 많은 문제점이 따르게 된다. 본 논문에서는 기존 영상분할 방법들의 단점을 보완하고자 단계적인 marker를 적용한 watershed 알고리즘을 제안하였다

Watershed 알고리즘을 이용한 영상분할 방법은 Lantuejoul and Beucher[3]에 의해 소개 되었으며 Vincent and Soilled[4]은 알고리즘의 빠른 수행을 위하여 순차적이며 병렬적인 계산을 이용한 방법을 소개 하였다. 하지만 초기의 이러한 방법들은 지역적인 최소값(minima)에 의존하여 영역들(catchment basins)을 생성하게 되므로 과분할(over-segmentation)에 의한 복잡한 결과를 발생시키게 되었으며 영역 합병등의 후 처리로 이러한 문제를 최소화 하기에는 많은 수행시

간과 복잡한 처리로 인해 추가적인 문제가 뒤따르게 되었다. 따라서 이러한 문제를 최소화 하기 위한 방법으로 선택된 source로부터 범람을 시작하는 marker based 방법이 나오게 되었다[5].

직접적인 watershed-line의 건설로 인하여 생기는 과분할 현상은 모든 지역적 minima가 catchment basin의 중심이 되기 때문에 생기게 된다. 하지만 모든 지역적 minima 들은 동일한 중요도를 가지는 것이 아니며 어떤 것은 잡음에 의하여 또 다른 몇몇은 영상의 의미 없는 부분에 의하여 생성된다. 따라서 만약 minima들 중 어떠한 기준에 의해 선별적으로 선택된 minima에 대해서만 침식을 한다면 침식되는 minima의 주변 catchment basin은 이웃의 범람에 의해 채워질 것이고 많은 부분 과분할 현상은 감소 될 것이다. 하지만 의미 있는 minima들 만을 선택하기 위해서는 많은 추가적인 정보가 필요하게 되며 적용해야 하는 상황에 따라 그 기준의 결정은 임의적으로 알맞게 변화되어야만 한다. 이러한 이유로 기존의 marker에 기반한 watershed 영상분할 방법들은 시스템이 결정한 특정 상황에서만 좋은 결과를 나타내고 예측한 상황에서 벗어나는 영상의 경우 전혀 엉뚱한 분할 결과를 초래하였다. 따라서 기존의 이러한 문제점을 해결하고자 본 논문에서는 일정 수준의 level 조절에 의한 단계적인 marker 영상을 생성하여 watershed 분할의 초기에 적용하게 된다. 제안한 방법의 적용으로 기존의 watershed 알고리즘의 장점인 정확한 물체 검출과 폐곡선 형태의 외곽선 추출의 장점을 살리면서 단점인 과분할 현상을 제거하고자 한다.

2. 제안한 Watershed Segmentation 방법

2.1 제안한 Watershed Segmentation의 수행 과정

본 논문에서 제안한 watershed 영상분할 방법은 그림 1과 같은 절차로 수행이 된다. 먼저 지역적인 최소값에 의해 생성된 초기 minima를 바탕으로 단계적인 level 조절에 의해 marker 영상을 생성한 후 원영상을 사용하여 경계를 결정하게 된다. 영역의 확장은 Immersion Simulation[4] 방법으로 계층적인 queue를 사용하여 수행된다.

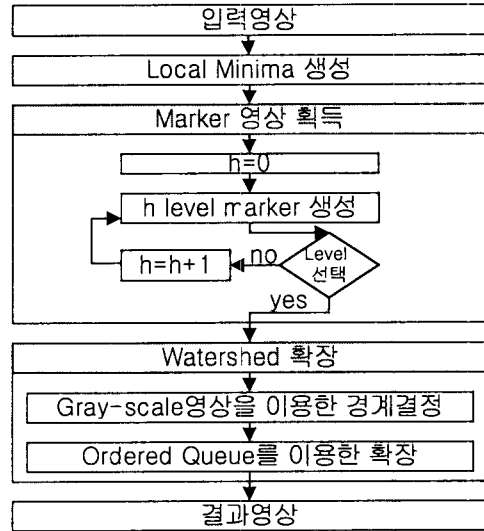


그림 1 제안한 watershed segmentation 과정

2.2 단계적 Marker 영상의 획득

Marker는 watershed 알고리즘을 수행하는데 있어 매우 중요한 요소로 적합한 marker의 사용은 전체 영역 분할 시스템의 성능을 좌우하게 된다. 기존의 marker 생성 방법으로는 검출하고자 하는 물체의 밝기정보를 바탕으로 dilation과 closing을 사용한 inside marker와 거리함수에 의한 outside marker를 사용하여 watershed를 수행하는 방법이 있다[6]. 하지만 이러한 방법은 단일 밝기값에 의해 양분될 수 있는 단순한 blob 영상에서는 좋은 결과를 보이지만 사전에 검출하고자 하는 물체의 밝기 정보를 알고 있어야 하며 복잡한 영상의 경우 전혀 엉뚱한 결과를 나타낸다. 따라서 이러한 문제를 해결하여 일반적인 영상에의 적용이 가능하도록 본 논문에서는 gray-scale 영상의 잇점을 이용하여 marker를 생성한다.

대부분의 watershed 분할은 경사 영상을 이용하여 marker를 획득하게 된다. 하지만 원영상을 경사 영상으로 변환하게 되면 다음과 같은 문제점이 발생한다. 그림 2-b는 2-a의 영상을 경사 영상으로 변환한 대략적인 예이다. 그림 2-b에서와 같이 실제 원영상에선 작은 잡음으로 보이지만 이웃한 화소와의 값의 변화는 매우 큰 미세 영역의 경우 경사영상 변환시 높은 magnitude 값으로 둘러 싸여지게 되고 단계적인 확장시 쉽게 침수되지 않아 결국 확장의 결과로 남

게 되어 불필요한 영역을 형성하게 된다. 반대로 실제 영상에선 비중 있는 부분을 차지 하지만 경계의 구분이 뚜렷하지 않아 원만한 특성을 보이는 지형의 경우 낮은 magnitude 값으로 인해 하위 level에서도 쉽게 침수가 일어나고 확장시 영역이 사라지게 된다. 따라서 이러한 문제점들을 해결하고자 본 논문에서는 다음과 같은 방법으로 단계적 marker를 생성한다.

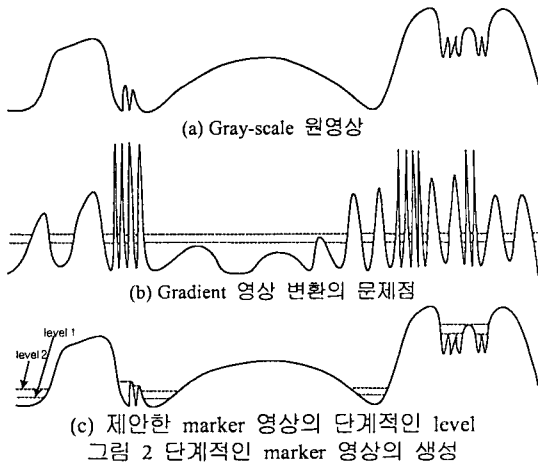


그림 2-c에서 보는 바와 같이 영상을 화소값에 따른 지형학적 형태로 생각하여 gray-scale 영상을 대상으로 일정 수준의 물을 지형의 위에서부터 비가 내리듯 뿌려 보낸다. 어느 정도의 물이 차오르면 지형의 위에서건 아래에서건 의미 없는 미세한 고립 지역들은 물의 양이 늘어남에 따라 점점 사라지거나 하나로 합쳐지게 된다. 단계적인 level의 선택에 의해 물이 차오르는 정도는 조절될 것이며 결과적으로 불필요한 여러 개의 minima들은 없어지거나 또는 하나의 의미 있는 minima로 대표 될 수 있다. 따라서 잡음이나 기타 불필요한 부분으로 인한 과분할 현상을 최소화 할 수 있게 된다. 이렇게 생성된 영상을 marker로 사용해 watershed 분할의 초기에 적용하여 영역 확장을 시작하게 된다.

2.3 Watershed 확장 방법

단계적으로 선택된 marker를 이용한 watershed 확장은 그림 3에서와 같이 계층적 queue를 이용하여 구현된다. 각 marker들은 gray level 별로 해당 queue에 삽입되고 낮은 level의 queue에 있는 픽셀부터 순서대

로 빠져 나와 인접한 픽셀들을 유사성 정도의 판단으로 해당 queue에 삽입 한다. 삽입된 픽셀들은 자신이 범람할 차례를 기다리게 되며 해당 level의 queue가 비워지면 다음 level의 queue가 범람을 계속하고 마지막 level의 queue가 비워지면 확장은 끝나게 된다

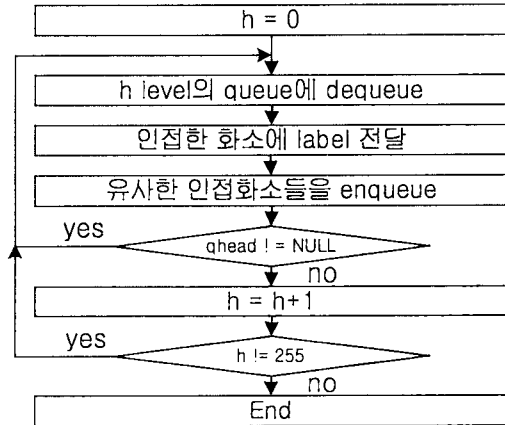


그림 3 Watershed 확장 알고리즘

3. 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 기존의 영상분할 방법들의 단점을 보완하여 일반적인 영상에의 적용을 가능하게 하고자 기존의 watershed 분할 방법이 가지는 정확성의 장점은 살리면서 문제점이었던 과분할 현상을 해결하고자 하였다.

Gray-scale 영상을 이용하여 일정 수준의 level 조절에 의해 단계적으로 생성된 marker를 watershed 확장시 적용하여 불필요한 minima들의 확장을 사전에 방지 하였으며 단계적인 marker의 선택에 따라 원하는 분할결과 도출의 가능성을 보여주고 있다. 그림 4는 제안한 방법을 적용한 분할의 결과를 보여주고 있다. 그림 4-a는 신경세포 영상을 나타내고 있으며 그림 4-b의 경우 기존의 local minima를 기초로한 분할의 결과이다. 과분할로 인하여 영역이 세분화 되었음을 확인할 수 있다. 그림 4-c 부터 그림 4-f는 level 수준의 조절에 따른 단계적인 분할의 결과를 보여주고 있다. Level의 증가에 따라 과분할의 정도는 줄어들고 있지만 level의 증가와 상관없이 정확한 영역 분할이 보장됨을 확인할 수 있다.

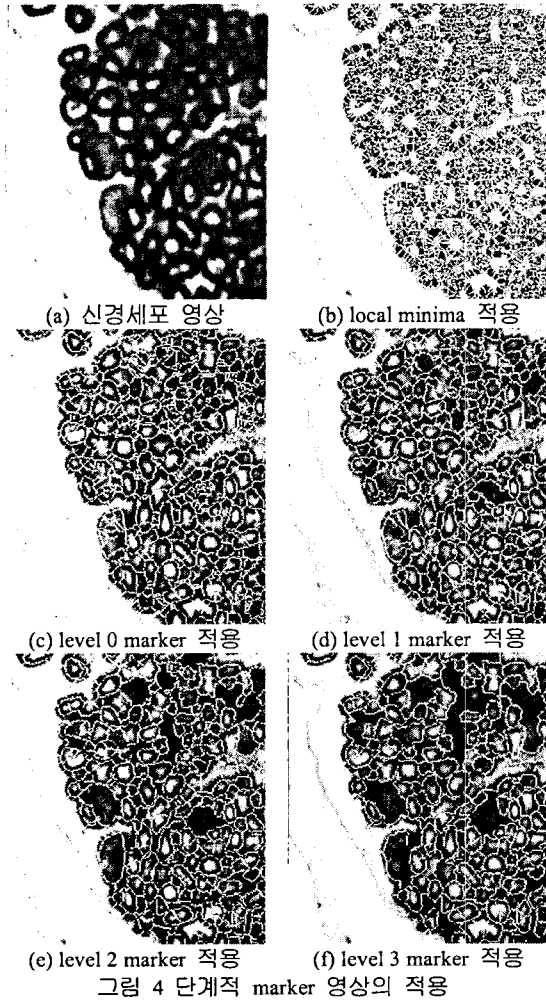
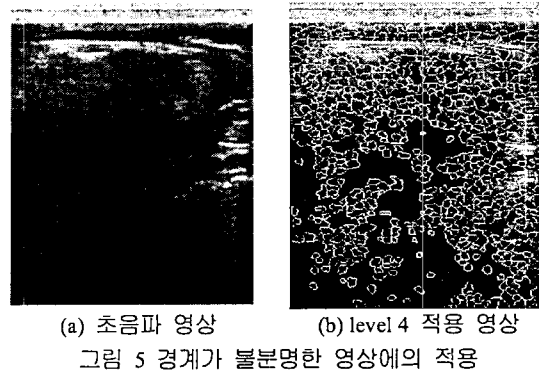


그림 5-a는 소의 피하조직을 촬영한 초음파 영상 영상이다. 영상의 특성상 많은 잡음을 내포하고 있다. 이러한 경우 기존의 local minima를 기초로한 watershed 영상분할을 수행하였을 경우 기계적인 잡음에 의하여 복잡하게 과분할된 결과를 나타낸다. 또한 가죽과 지방 그리고 육질간의 경계가 모호하여 기존의 경사 영상과 수리형태론 연산을 이용하여 구성된 marker를 사용하는 경우 전혀 엉뚱한 결과를 도출하게 된다. 하지만 제안한 방법으로 level 4의 marker를 적용한 경우 그림 5-b에서와 같이 복잡했던 과분할 영역들이 모두 사라졌으며 또한 추출하고자 하는 지방 영역들을 정확히 검출하고 있다.



4. 결론 및 앞으로의 연구 방향

본 논문에서는 단계적인 level의 결정에 의해 marker를 생성하고 watershed 알고리즘에 적용하여 영역 분할을 수행 하였다. 제안한 방법의 경우 경계가 모호한 일반적인 영상에 적용시 단계적인 level의 선택으로 원하는 분할 결과의 도출이 매우 용이하였다. 그러나 보다 신뢰성 있는 결과를 위해 자동적으로 단계적인 marker를 선택하는 방안이 필요하며 또한 다양한 자료를 바탕으로 실험과 수정이 필요하다.

[참고문헌]

- [1] Rafael C. Gonzalez and Richard E.Woods "Digital Image Processing". Addison-Wesley Publishing Company
- [2] Rober M. Haralick and Linda G. Shapiro, "SURVEY: Image Segmentation Techniques", Computer Vision, Graphics, and Image Processing, vol 29, 1985
- [3] Beucher, S. , and Lantuejoul, C. , Use of watersheds in contour detection, in: Proceedings, International Workshop on Image Processing, CCETT/IRISA, Rennes, France, 1979.
- [4] Vincent, L. and Soille, P. , Watersheds in digital spaces: an efficient algorithm based on immersion simulations, IEEE PAMI, 1(6), 583-597(1990)
- [5] Meyer, F., Sequential algorithms for cell segmentation: maximum efficiency? in Proceedings, International Symposium on Clinical Cytometry and Histometry, Schloss Elmau, 1986.
- [6] S. Beucher and F.Meyer. "The Morphological Approach to Segmentation". E.R. Dougherty. Mathematical Morphology in Image Processing. New York: Marcel Dekker Inc. 1993.