

Gradient의 Zero-Crossing을 이용한 개선된 Watershed Algorithm

*박동인, 고운호, 박영우

충남대학교 메카트로닉스공학과

e-mail : pdisl@cnu.ac.kr, koyh@cnu.ac.kr, ywpark@cnu.ac.kr

Modified Watershed Algorithm Considering Zero-Crossing of Gradient

*Dong-In Park, Yun-Ho Ko, Young-Woo Park

Department of Mechatronics Engineering Chungnam National University

Abstract

In this paper, we propose a modified watershed algorithm to obtain exact edge of region. The proposed method adjusts priority at zero-crossing point of gradient in order to make the point of region decision time postponed. We compare the proposed method with a previous method and prove that this method can extract more correct edge of region.

I. 서론

영역 분할 및 경계 검출에 많이 사용되는 watershed 알고리즘은 1991년 Vicent와 Soille에 의해 fast 알고리즘이 발표되었고[1] 이후 많은 영상처리 분야에서 활용되고 있다. 하지만 watershed 알고리즘은 어떤 경우에 있어서 올바른 경계를 추출하지 못하고 일그러진 경계를 얻는 결과를 보이기도 한다. 서로 인접한 영역의 seed의 높이에 차이가 있을 경우 영역이 확장됨에 따라 높은 seed 영역이 낮은 seed의 영역을 침범하게 되어 좋지 않은 경계를 얻게 되는 것이다. 따라서 본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 새로운 우선순위 선정방법을 제안한다. 제안된 방법에서는 새롭게 확장하려는 위치의 기울기(gradient)의 부호를 고려하여 우선순위를 부여한다. 높은 지형과 낮은 지형의 경계가 되는 지점은 기울기의 부호가 영교차(zero-crossing)되는 위치이다. 따라서 이 위치에 가장 낮은 우선순위를 부여하여 최대한 확장을 늦춤으로써 보다 정확한 경계를 추출할 수 있게 된다.

II. 본론

2.1 Watershed Algorithm

watershed 알고리즘은 첫 번째로 2차원의 영상을 3차원 지형도(topographic surface)로 구상화한다. 이 3차원의 지형에 물이 떨어지고 있는 것을 가정하고 국부 최소점(local minima)인 seed 영역에서 물이 차오르는 개념으로 담수 영역(catchment basin)을 확장한다. 다음 단계는 범람(flooding)이다. 한 담수 지역에서 물이 차올라 다른 지역으로 물이 범람한다면 다른 담수 지역과의 결합을 막기 위해 그 자리에 댐(dam)을 건설한다. 이와 같은 댐이 영역의 경계선이 되고 각 담수 지역이 영상의 분할된 영역이 된다.

2.2 watershed 알고리즘의 문제점

watershed 알고리즘은 앞서 설명한 것처럼 영역 분할 및 영역의 경계 추출에 많이 사용된다. 하지만 어떤 경우에 있어서 정확한 경계를 추출하지 못하고 일그러진 경계를 얻는 결과를 보이기도 하는데 주로 영역 확장의 seed가 되는 국부 최소점의 높이가 상이한 경우에 그러한 결과를 보인다. 영역 분할의 seed가 되는 국부 최소점의 높이가 상이한 경우 영역 확장의 과정에서 높은 지형의 영역이 낮은 지형의 영역을 침범하게 되고 결국 각 영역 사이의 정확한 경계를 추출하지 못하게 된다.

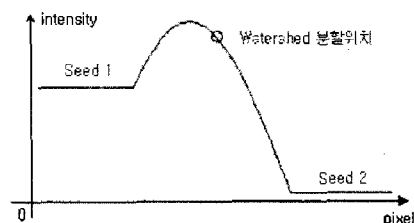


그림 1. Watershed Algorithm의 문제점

그림 1은 영상의 밝기 값(intensity)을 1차원적으로 도식화한 것이고 영역 확장에서 사용된 우선순위는 이 밝기 값에 대한 기울기 값이다. 실제 경계 위치가 아닌 어긋난 위치에서 경계를 찾는 것을 알 수 있다. 따라서 영역 확장 과정에서 높은 seed 영역이 낮은 seed 영역을 침범하지 않도록 우선순위를 조절하여 두 지형의 경계가 되는 지점에서 확장이 지연될 필요가 있다.

2.3 Gradient의 영교차점(Zero-Crossing Point)

기존의 watershed 알고리즘은 확장하려는 화소의 기울기의 크기를 이용하여 우선순위를 결정한다. 우선순위를 조절하기 위해 경계가 될 것으로 예상되는 위치에 대한 정보가 필요하다. 본 논문에서는 경계 위치에 대한 정보를 얻기 위해 기울기의 크기뿐만 아니라 부호도 고려하여 우선순위를 결정한다. 영역의 경계로 예상되는 위치는 기울기의 부호가 바뀌는 곳인 영교차점이다.

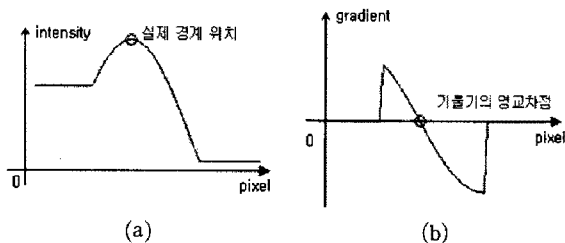


그림 2. Gradient의 zero-crossing point

그림 2를 보면 두 seed의 경계가 되는 위치에서 기울기가 영교차됨을 알 수 있다. 따라서 이 위치에 가장 낮은 우선순위를 부여하여 마지막에 확장되도록 한다. 우선순위 부여 과정에서 영상의 밝기 값의 미세한 변화에 의해 필요이상으로 많은 영교차점을 찾을 수 있다. 이 영교차점으로 인한 많은 우선순위 조절은 영역 확장의 과정에 좋지 않은 영향을 줄 수 있다. 따라서 목적에 부합하는 영교차점만 찾아서 우선순위를 조절해야 한다. 이러한 영교차점은 정해진 interval 이상의 구간에서 convex 또는 concave function[2]의 조건을 만족하며 기울기가 영교차되는 위치이다.

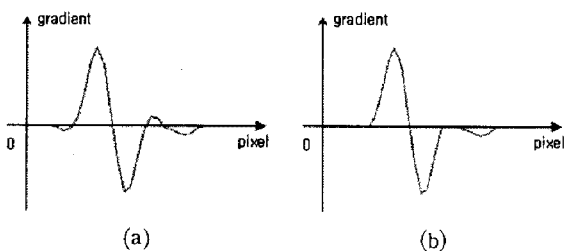


그림 3. Convex & Concave 조건을 만족하는 구간

그림 3에서 (a)는 영상의 기울기 값이고 (b)는 5 pixel 이상의 구간에서 위 두 함수의 조건을 만족하는 기울기 값만 남긴 것이다. 이와 같이 두 함수의 조건을 만족하

며 영교차되는 위치에서만 우선순위의 조절한다.

III. 실험결과

실험에 사용된 그림 4의 (a) 영상은 실제 영상인 세포 영상이고 (b) 영상은 기존의 watershed 알고리즘을 사용하여 (a) 영상을 분할한 결과 영상이고, (c) 영상은 본 논문에서 제안한 방법으로 분할한 결과 영상이다. 본 논문에서 제안한 방법의 분할 결과가 더 명확한 경계를 추출하였다.

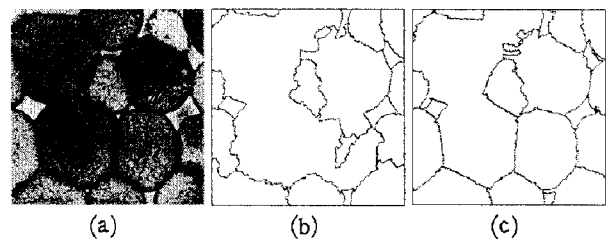


그림 4. Real image 분할 결과(interval=2)

IV. 결론

본 논문에서는 기존의 watershed 알고리즘의 문제점을 제시하고 이를 보완하기 위한 새로운 우선순위 결정방법을 제안하였다. 기존의 watershed 알고리즘은 기울기의 크기를 이용하여 우선순위를 결정하는데 영역의 정확한 경계를 찾지 못하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 보완하기 위해 기울기의 영교차점을 이용하는 새로운 우선순위 결정방법을 제안하였고 실제 세포영상을 사용한 모의실험을 통해 제안한 방법이 더 정확한 영역의 경계를 얻을 수 있음을 증명하였다.

후 기

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음을 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] Luc Vincent and Pierre Soille, "Watersheds in Digital Spaces: An Efficient Algorithm Based on Immersion Simulations," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 13, no. 6, pp. 583-598, June 1991.
- [2] M. Berger, "Convexity", American Mathematical Monthly, vol. 97, no. 8, pp. 650-678, Oct. 1990.