

Froth Segmentation

ISL
안재원

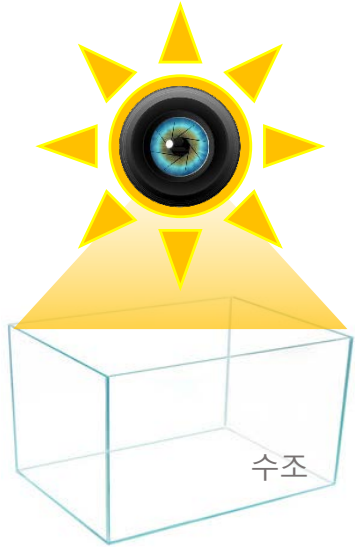
CONTENTS

- 선행연구 및 한계
 - Watershed
 - Edge detection
- 연구방향
 - 거품 분할
- 모의 실험
- 결론 및 향후 연구 방향

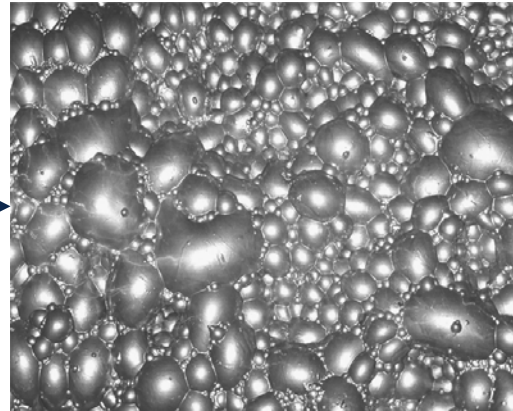
선행연구 및 한계

Watershed

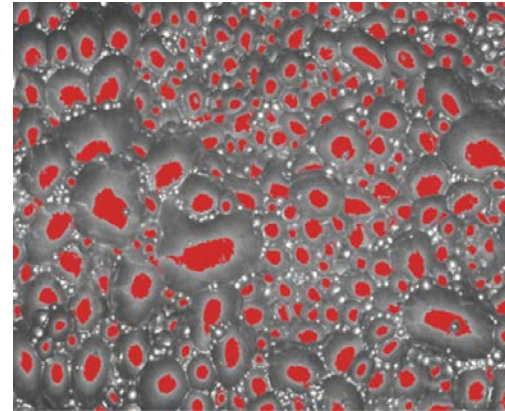
- 시드 영역의 확장을 이용한 분할



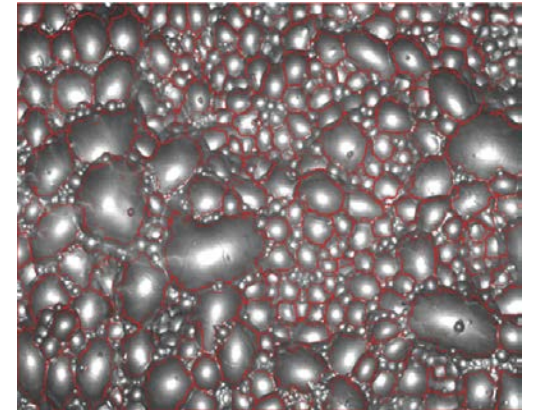
※ 거품 영상



※ 시드 선정

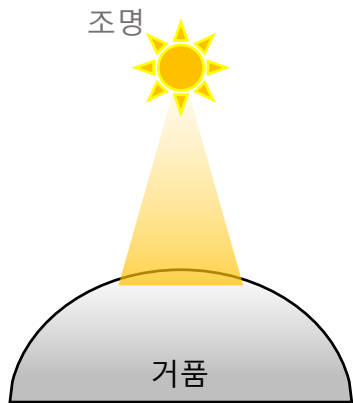


※ 분할 결과

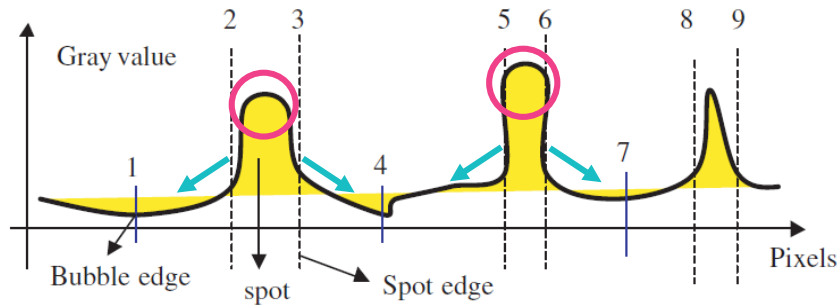


※ Guoying, Zhang, et al. "Flotation bubble image segmentation based on seed region boundary growing." *Mining Science and Technology* (2011)

- 선행연구 속 거품의 특징



※ 거품 주변의 밝기 값 분포



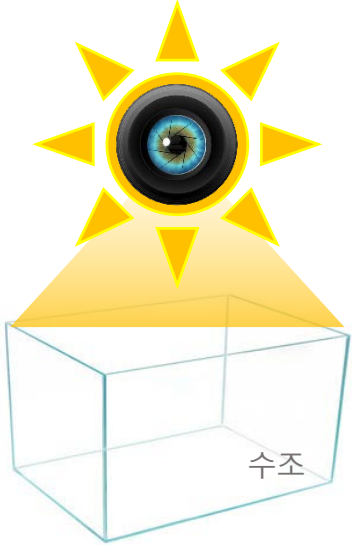
- 조명에 의한 White-spot이 생긴다. ○
- 거품의 가장자리로 갈 수록 어두워 진다. →
- White-spot을 확장을 위한 시드로 선정한다.
- 거품의 가장자리로 갈 수록 어두워 지는 특성을 이용해 시드 영역을 확장한다.

Fig. 6. Gray value versus pixels of a cross-section of a froth image.

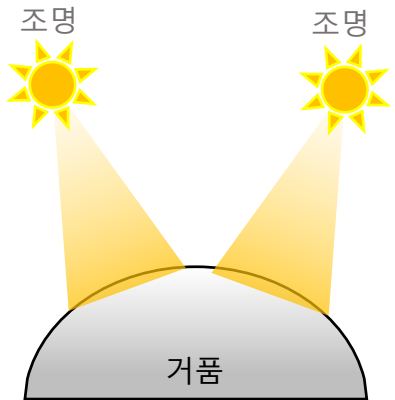
선행연구 및 한계

Watershed

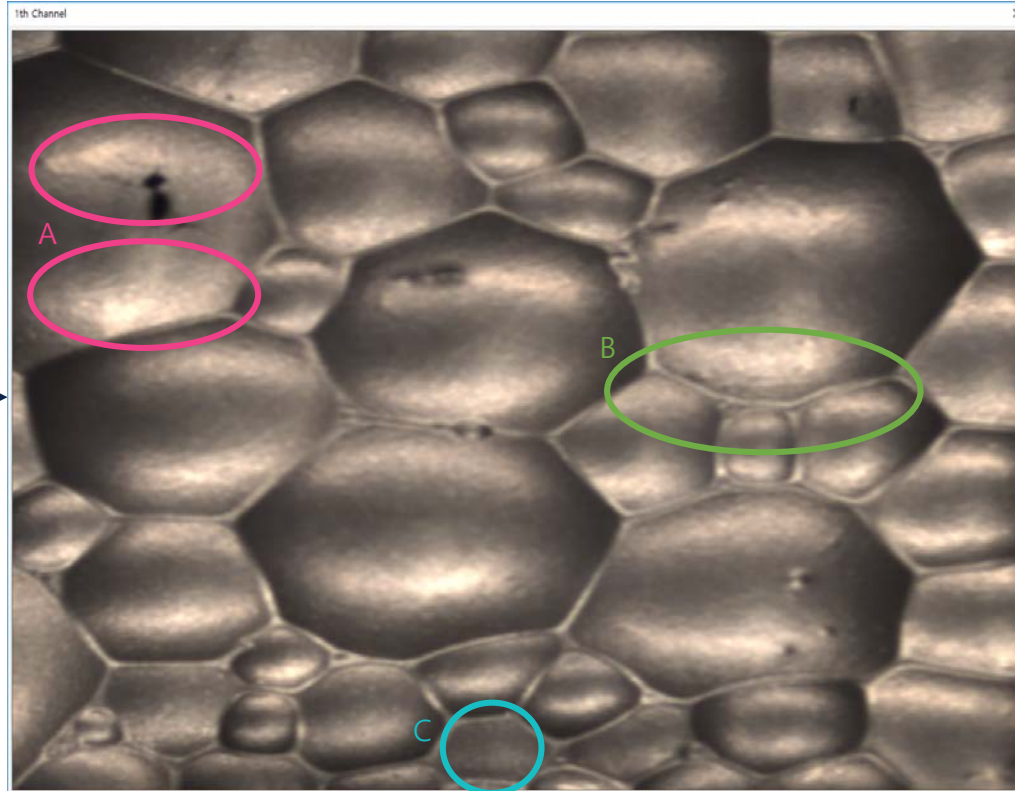
- 시드 영역의 확장을 이용한 분할



- 현 시스템의 거품의 특징



※ 거품 영상



- A : 하나의 거품에 복수의 White-spot이 발생한다.
- B : 거품의 경계가 더 밝은 경우가 발생한다.
- C : 다른 거품에 가려져 White-spot이 관측되지 않는다.
- 시드 영역 선정 및 확장에 불리한 요소들이 많이 관측되며, 추가적인 정보를 사용하더라도 원활한 확장 결과를 얻기 힘들다.

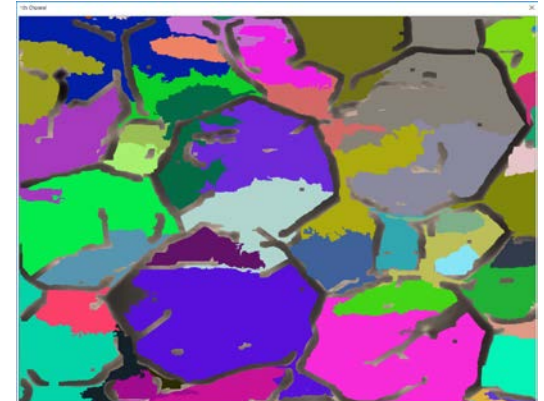
※ 시드 선정



+ 거품의 경계 정보



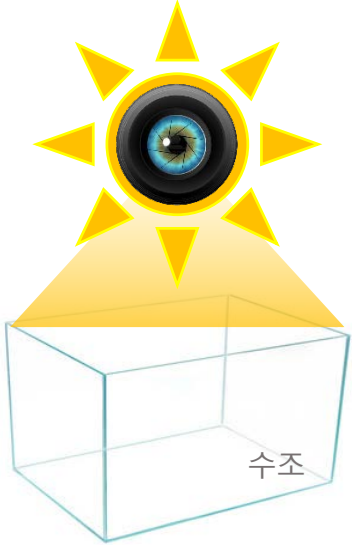
※ 분할 결과



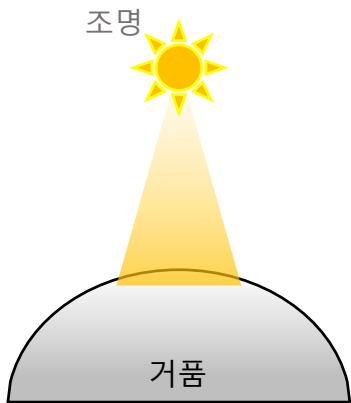
선행연구 및 한계

Edge detection

- 경계 검출 기반의 거품 분할

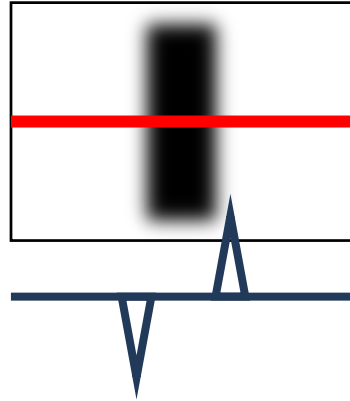


- 선행연구 속 거품의 특징



- 영상에서 말하는 경계(Gradient)

※ 밝기의 변화를 이용해 경계를 검출한다.



※ 거품 주변의 밝기 값 분포

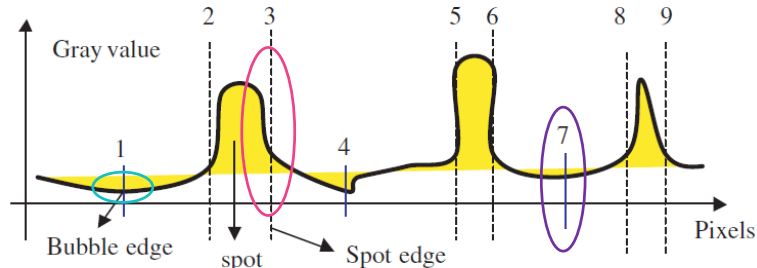
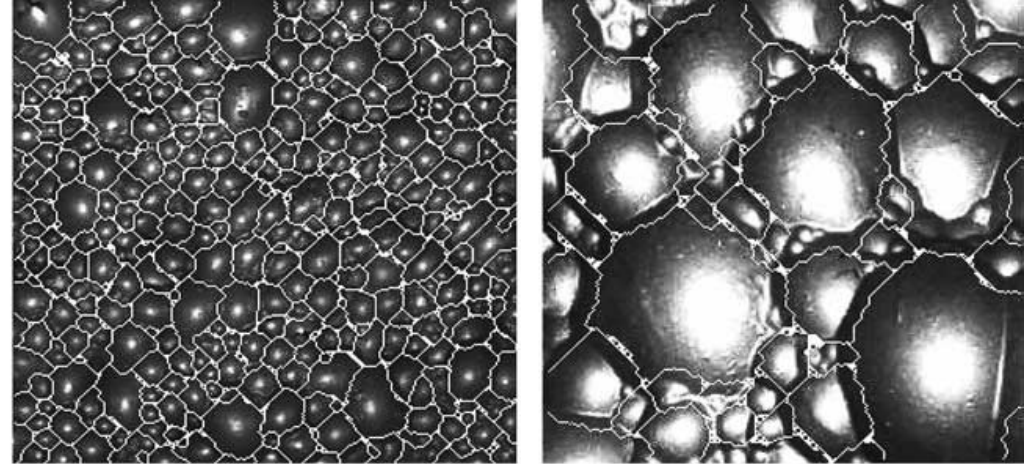


Fig. 6. Gray value versus pixels of a cross-section of a froth image.

- 거품의 경계에서의 변화(Gradient, ○)보다 White-spot 주변에서의 변화(○)가 더 크다.
- 영상에서 말하는 경계를 검출하는 기법으로 거품의 경계를 검출 할 수 없다.
- 영상 밝기의 변화 뿐만 아니라 상대적으로 밝기 값이 어두운 영역을 찾아 거품의 경계로 선정한다. ○

※ 경계 검출 결과



- 밝기가 어두운 영역이 거품에 넓게 분포되어 있기 때문에 정확한 거품의 경계를 검출하는데 어려움이 있다.
- 거품의 크기가 크면 클 수록 어두운 영역이 넓게 분포되어 성능 저하가 발생한다.

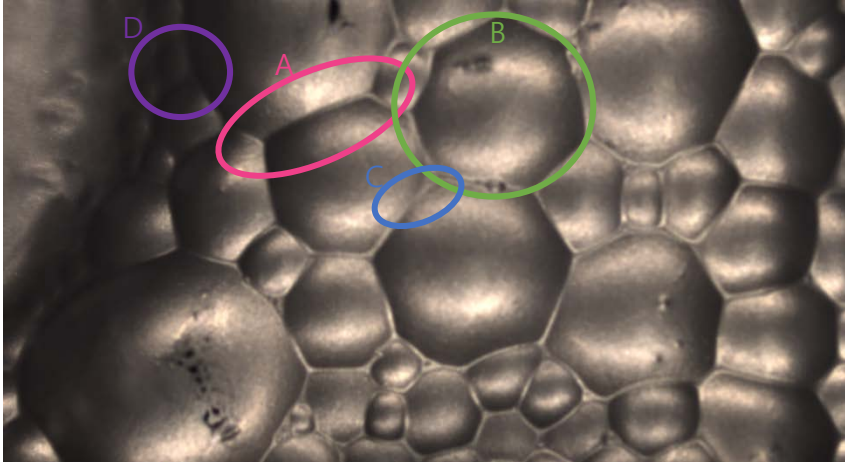
※ Wang, W., et al. "Froth delineation based on image classification." *Minerals Engineering* (2003)

선행연구 및 한계

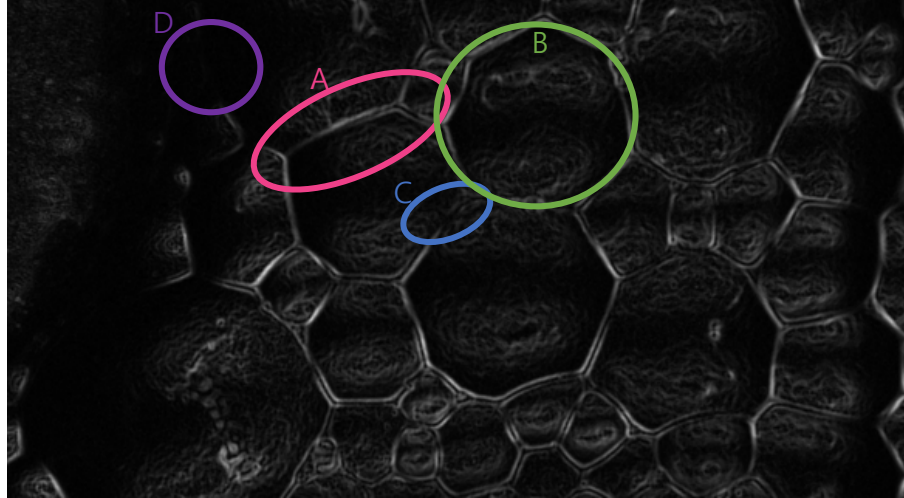
Edge detection

- 거품 영상과 경계 검출 결과 영상

※ 거품 영상



※ Gradient 연산 결과 영상



- A : 거품의 경계가 검출된다.
- B : 거품의 White-spot 주변에서 높은 Gradient 값을 확인 할 수 있다.
- C : 변화폭이 작아 경계가 명확하지 않다.
- D : 어두운 부분의 경계 검출은 힘들다.

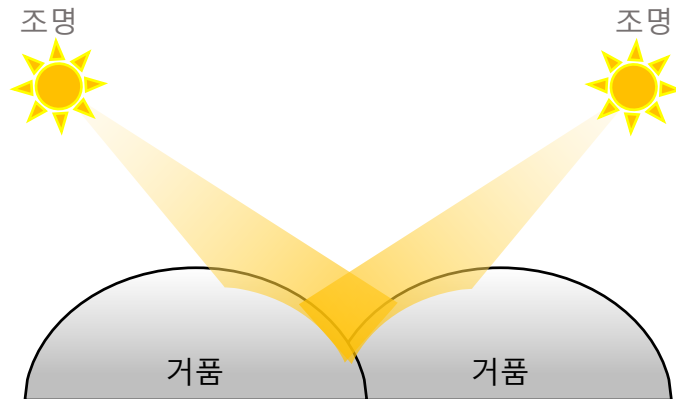


- 거품의 경계 검출이 가능하지만, 조명 성분(White-spot)의 영향이 영향을 미친다.
- 영역 C의 결과를 볼 때 거품의 경계가 항상 어둡다는 것이 만족될 수 없는 것을 확인 할 수 있다.
- 영역 D처럼 조명이 닿지 않는 부분의 거품은 검출 할 수 없다.

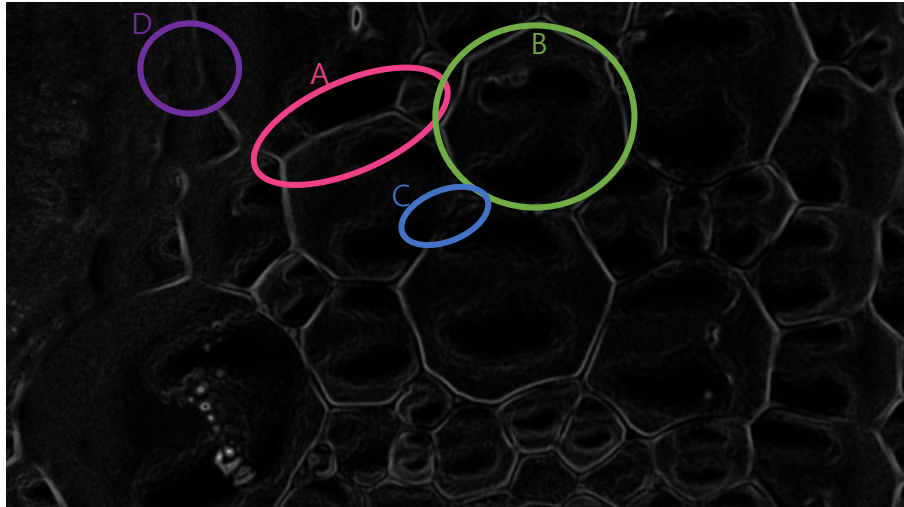


- A : 거품의 경계가 검출된다.
- B : 거품의 White-spot에 의한 노이즈 영역이 줄어 들었지만, 완벽하지는 않다.
- C : 변화폭이 작아 경계가 명확하지 않다.
- D : 어두운 부분의 경계 검출이 가능하지만, 너무 어둡워 보이지 않는 거품이 보이는 것은 아니다

- 현 시스템의 거품의 특징



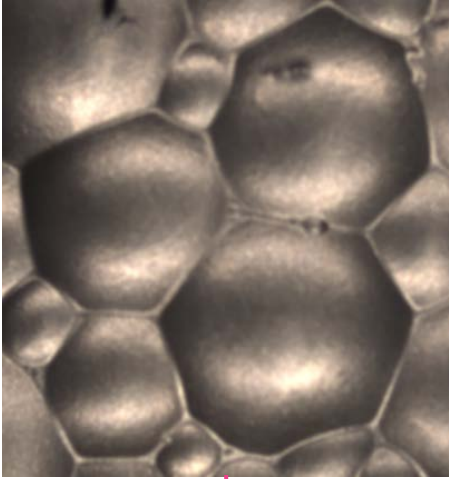
※ 선행 연구 기반의 결과 영상



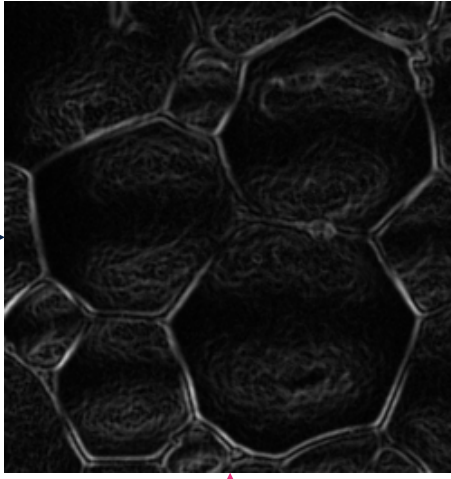
거품 분할 과정

- 전체 진행 과정 요약

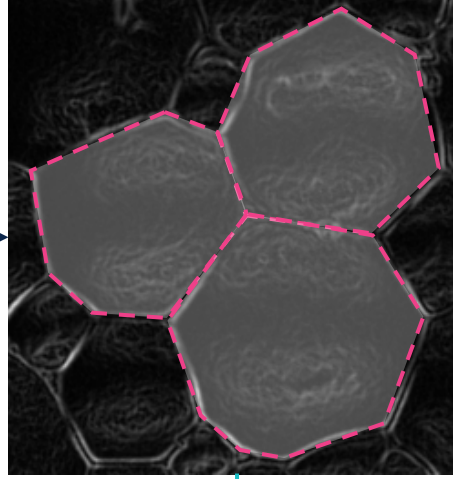
※ 거품 영상



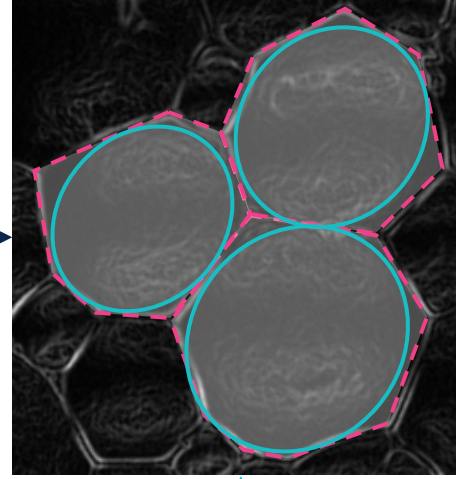
※ 거품의 경계 영상



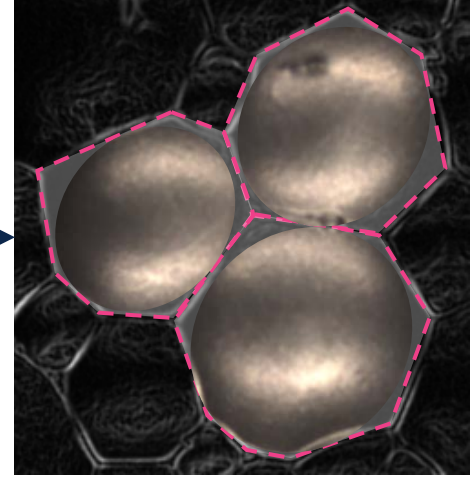
※ 거품 별 경계 검출



※ 검출된 경계 정보로 타원 추정



※ 추정된 타원을 이용해 거품 분할



- 거품의 White-spot이 항상 존재 할 수 없지만, 거품의 경계가 존재 하지 않을 수 없기 때문에 경계 정보를 기반으로 거품을 분할 한다.

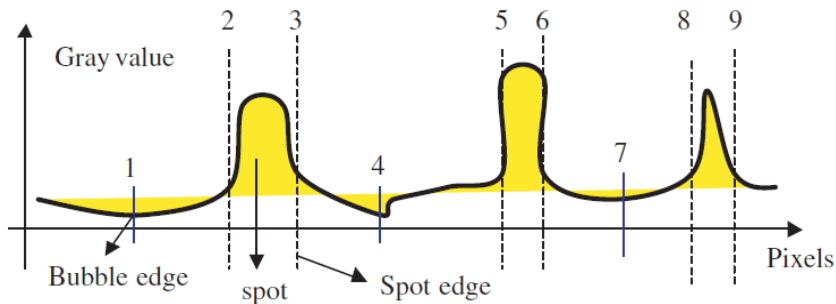


Fig. 6. Gray value versus pixels of a cross-section of a froth image.

- 일반적인 거품은 볼록 다각형(Convex polygon)의 형태를 이룬다.
- 원보다 타원이 자유도가 높기 때문에 타원의 형태로 거품을 분할 한다.

원의 방정식 : $\frac{(x-x_c)^2}{R^2} + \frac{(y-y_c)^2}{R^2} = 1$
 → (x_c, y_c, R)

타원의 방정식 : $\frac{(\cos \theta(x-x_c) - \sin \theta(y-y_c))^2}{h^2} + \frac{(\sin \theta(x-x_c) - \cos \theta(y-y_c))^2}{w^2} = 1$
 → (x_c, y_c, h, w, θ)

근접 지점 기반의 거품 분할

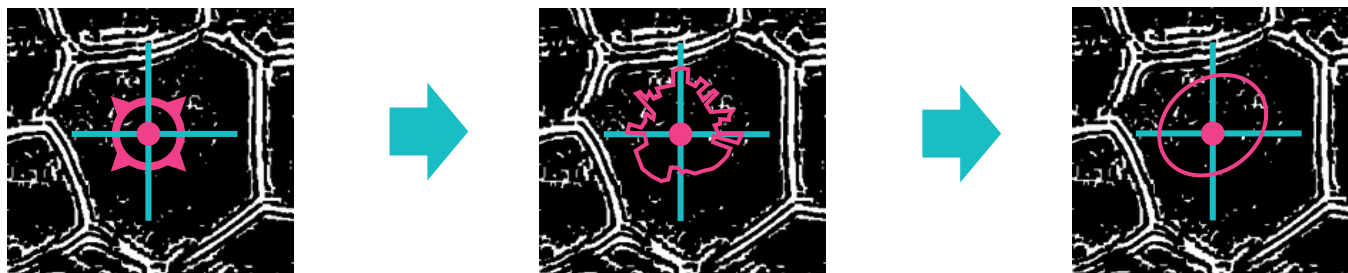
- 순차적 확장을 통한 타원 추정

- 기준 영역으로부터 주변 일부 영역을 확인하고, 다시 새로운 타원을 추정해 영역을 확장해 거품 분할을 진행한다.
- 순차적으로 영역이 확장되기 때문에 상대적으로 많은 연산 시간이 소비된다.
- 순차적으로 영역이 확장되기 때문에 확장 과정에서 만나는 노이즈에 매우 취약하다.

※ 이전 단계에서 추정된 타원의 확장

※ 확장된 위치의 새로운 점 저장

※ 새로운 점을 이용해 새로운 타원 추정



- 근접 지점 기반의 타원 추정

- 기준 지점으로부터 각 방향의 3개의 가까운 경계를 찾고, 찾아진 경계를 기반으로 거품 분할을 진행한다. →
- 각 방향의 가까운 복수의 점을 사용하기 때문에 상대적으로 노이즈에 강인하다.
- 이전 기법(순차적 확장을 통한 타원 추정)이 최종적으로 찾고자 하는 점을 찾고 시작되기 때문에 상대적으로 빠르다.

※ 선정된 가까운 경계를 기반으로 타원 추정



1차 근접 지점

2차 근접 지점

3차 근접 지점



※ 추정된 타원을 기반으로 이상치(Outliers) 제거

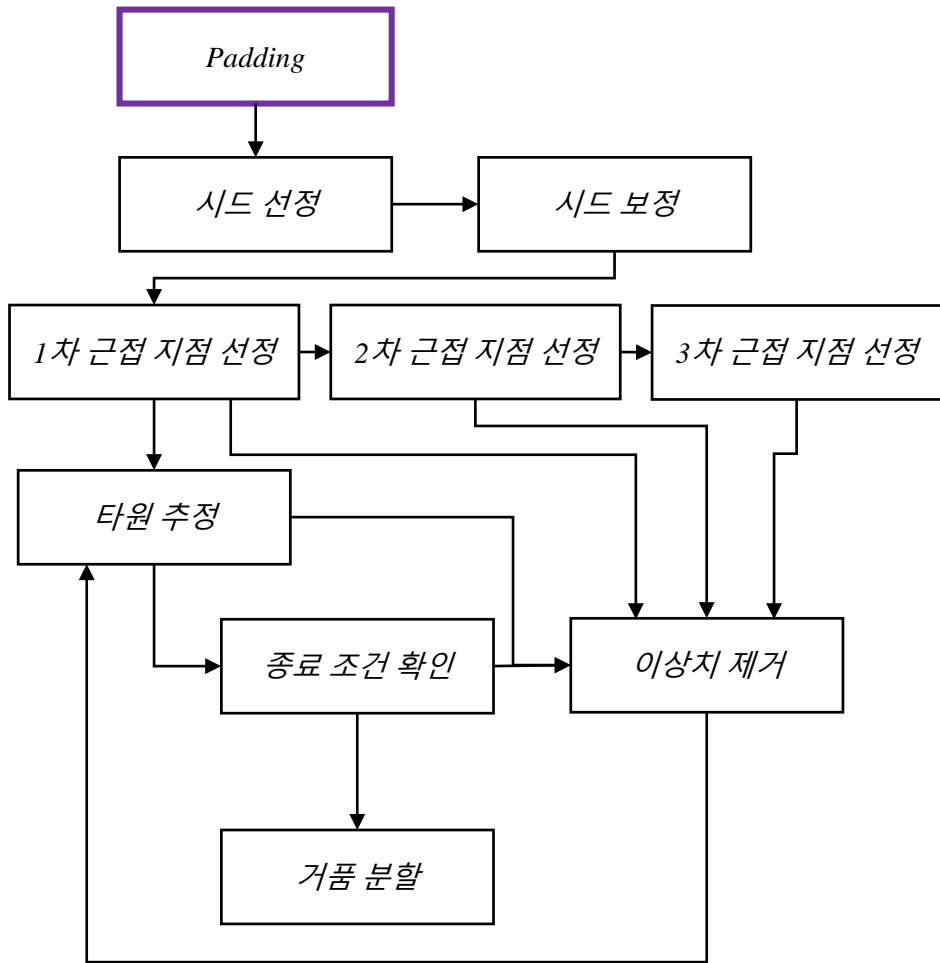


1차 근접 지점

2차 근접 지점

3차 근접 지점

거품 분할

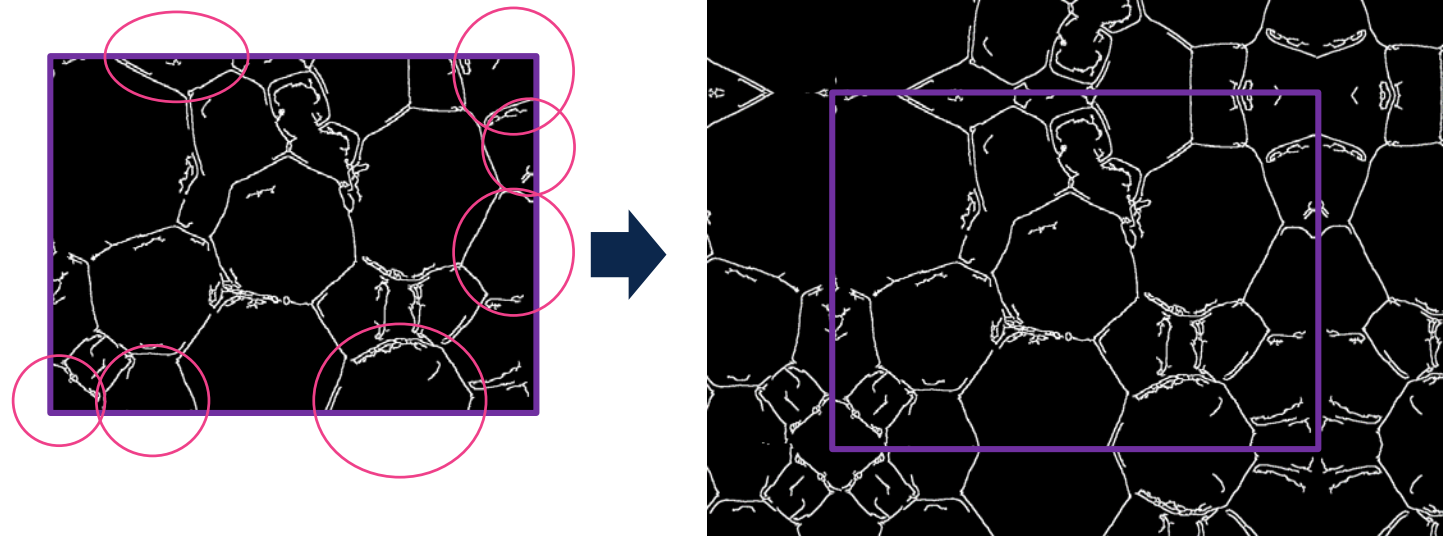


- Padding

영상에서 마스크 연산을 할 때, 경계 부분을 처리하기 위해 추가로 정보를 생성해 주는 방법. 일반적으로 0이나 인접한 값을 사용한다.



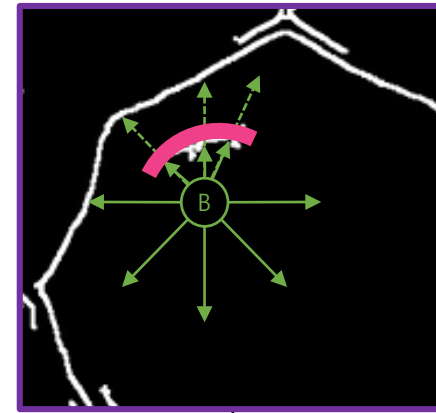
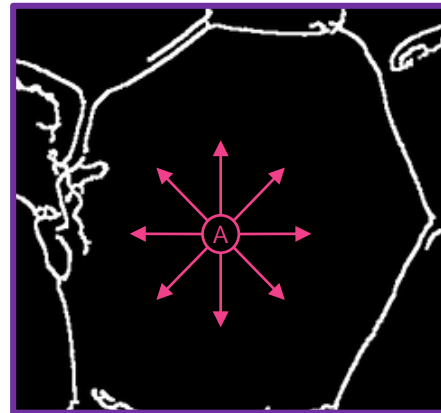
거품 분할과정에서의 Padding은 거품이 영상의 경계에 위치하기 때문에 경계 정보가 부족한 문제를 해소하기 위한 과정이다. (○) 상하, 좌우 반전된 영상을 이용해 추가적인 정보를 생성한다.



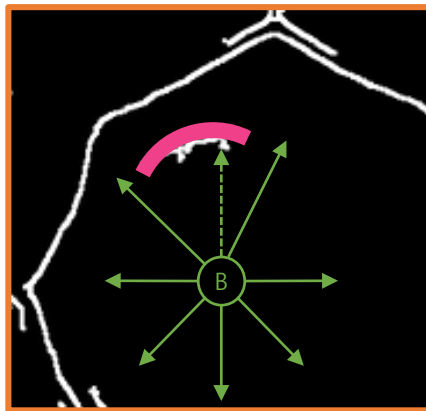
거품 분할

- 시드 선정 및 보정

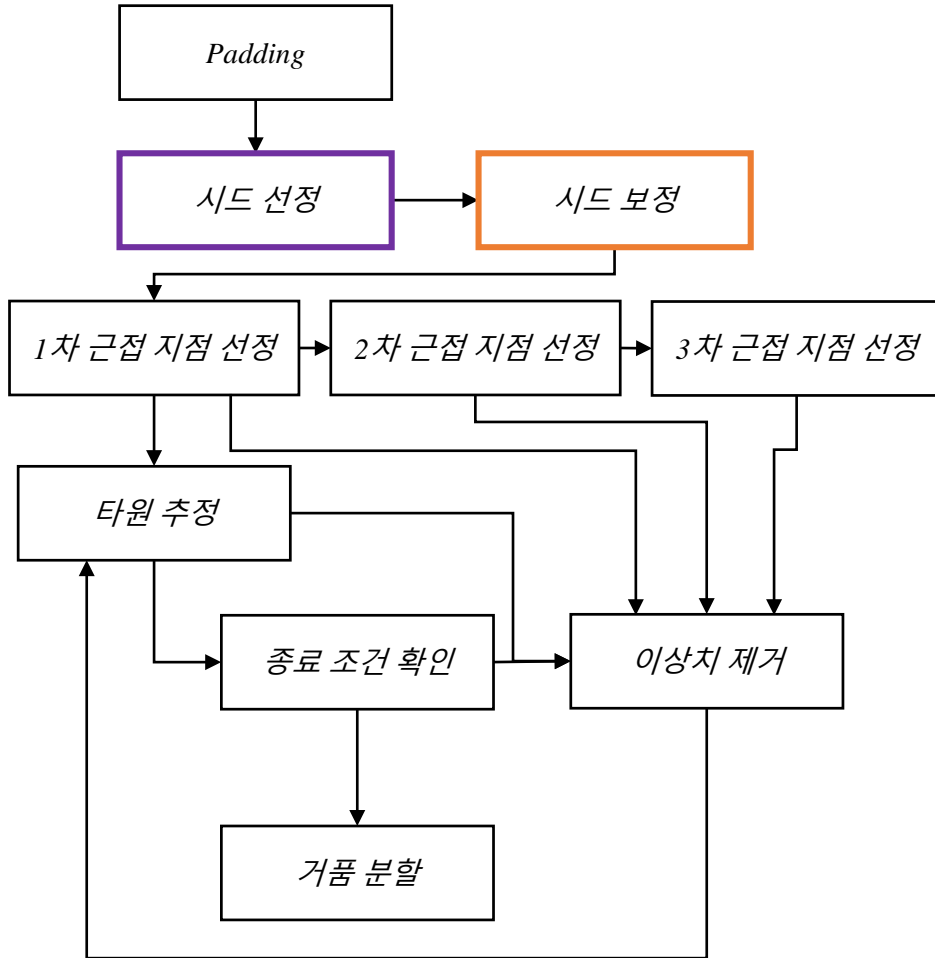
경계 후보 영역(하얀색)에 가깝게 시드가 선정되면, 거품의 경계 탐색에 부적절하다. 이를 해소하기 위해 랜덤한 위치에 시드를 선정하고 이를 보정한다.



- A : 거품의 경계 탐색에 문제가 없는 시드
- B : 인접한 노이즈 때문에 경계 탐색에 부적절한 시드



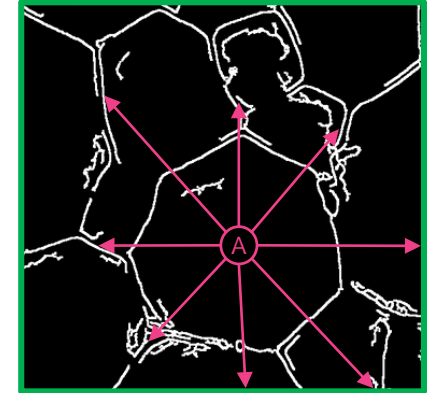
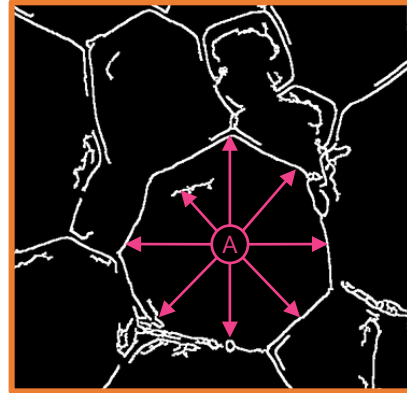
시드로 부터 각 방향의 가장 가까운 경계를 찾고 그 위치들의 평균을 이용해 시드를 보정한다.



거품 분할

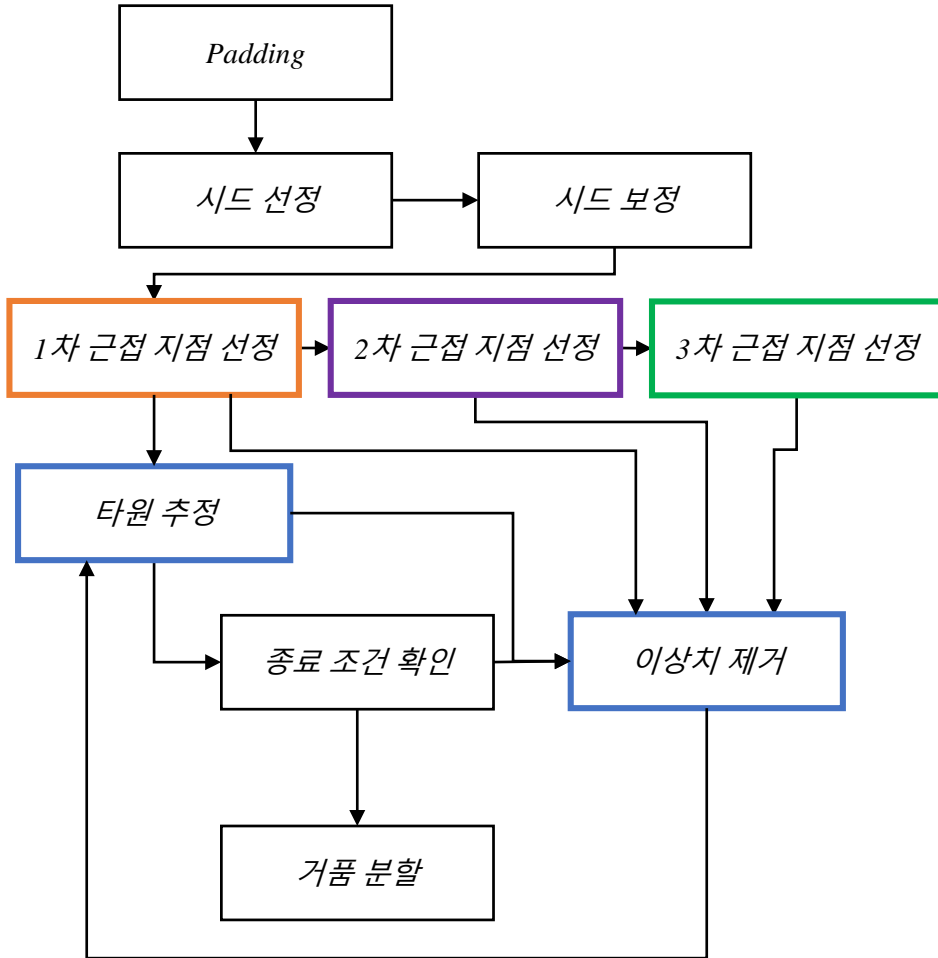
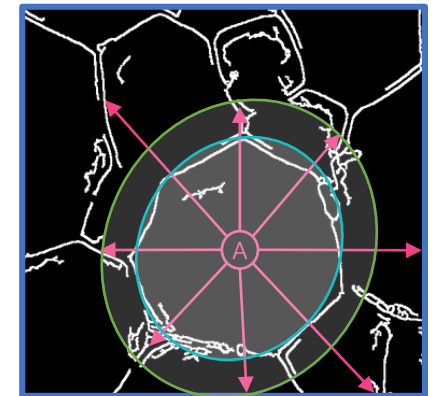
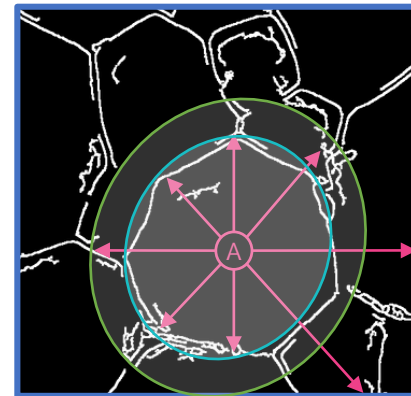
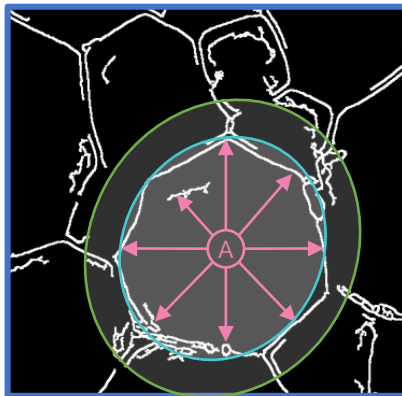
- 근접 지점 선정

시드로부터 각 방향의 가장 가까운 경계를 찾는다. 선정된 가장 가까운 경계가 노이즈에 의한 잘못된 경계 일 수 있기 때문에 3개의 근접한 경계를 찾는다.



- 타원 추정 및 이상치 제거

선정된 경계의 위치를 이용해 타원을 추정한다. 첫 추정에는 1차 근접 지점만 사용하고 이후에는 이상치로 제거되지 않고 남아 있는 모든 경계 위치를 사용한다.



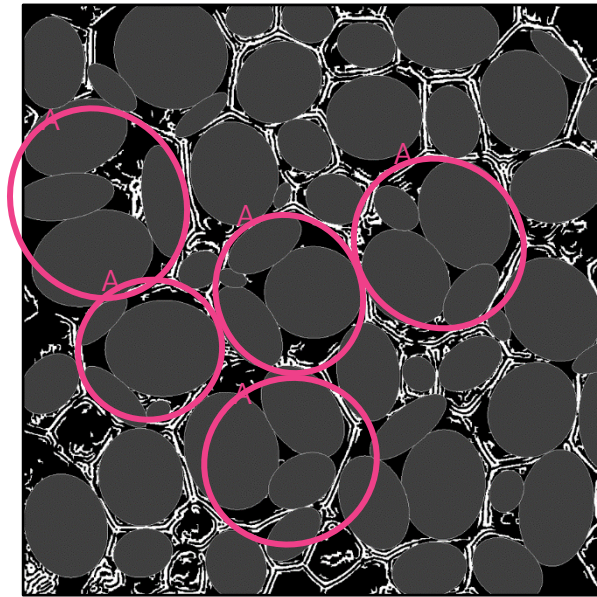
거품 분할

- 거품 분할

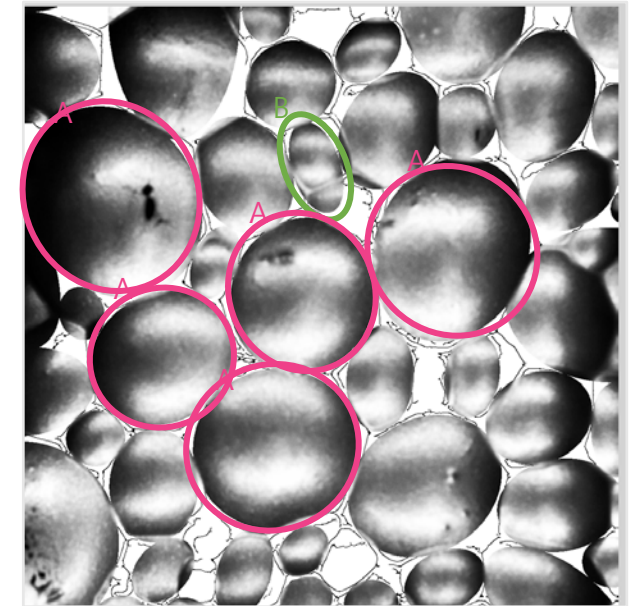
영상의 일정비율 이상이 분할된 결과를 얻을 때까지 전체 과정을 반복한다.

- 이전 기법과 비교

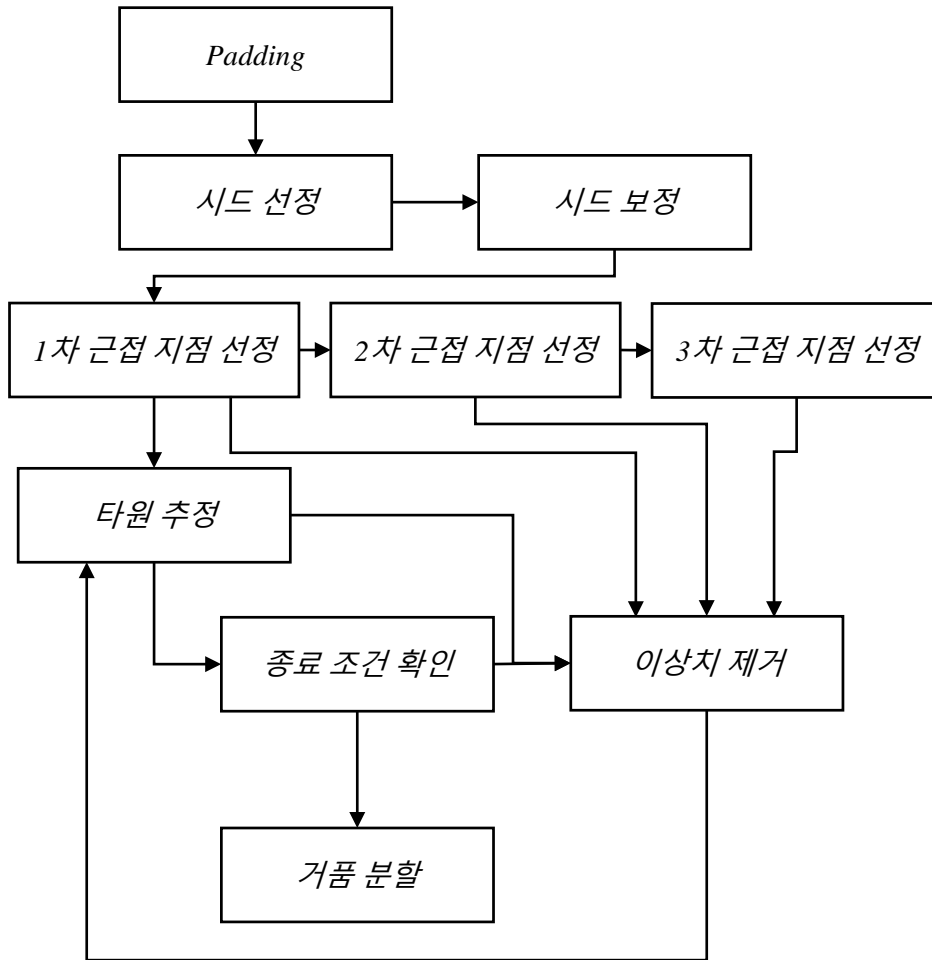
※ 순차적 확장을 통한 거품 검출



※ 근접 지점을 이용한 거품 검출



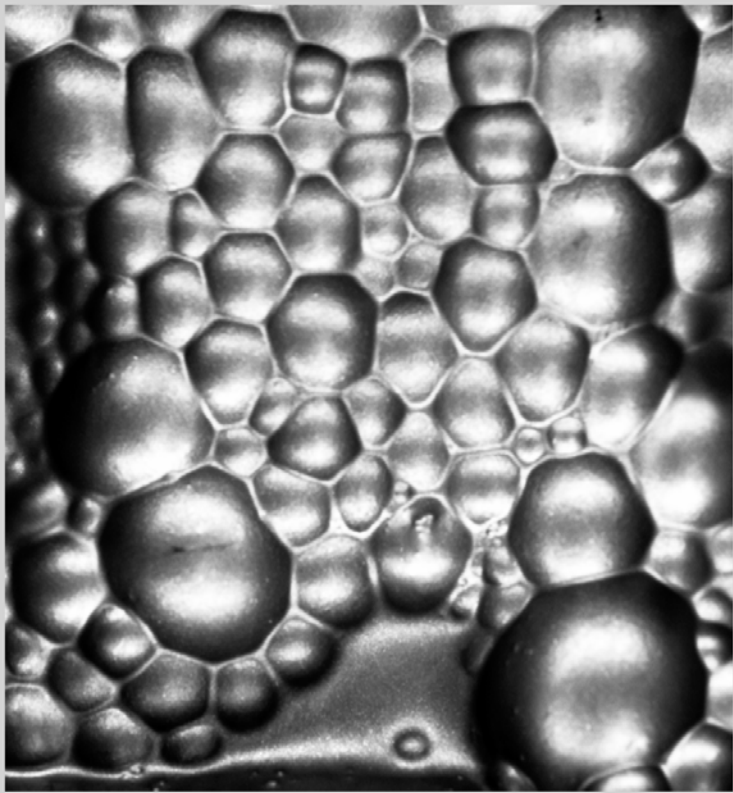
- A : 노이즈에 의해 확장이 잘 일어나지 않던 부분에서도 좋은 결과가 확인된다.
- B : 경계 정보에 매우 의존적 이기 때문에 경계 정보가 부족하며 문제가 될 수 있다.
- 상대적으로 빠른 검출 결과를 확인 할 수 있다.



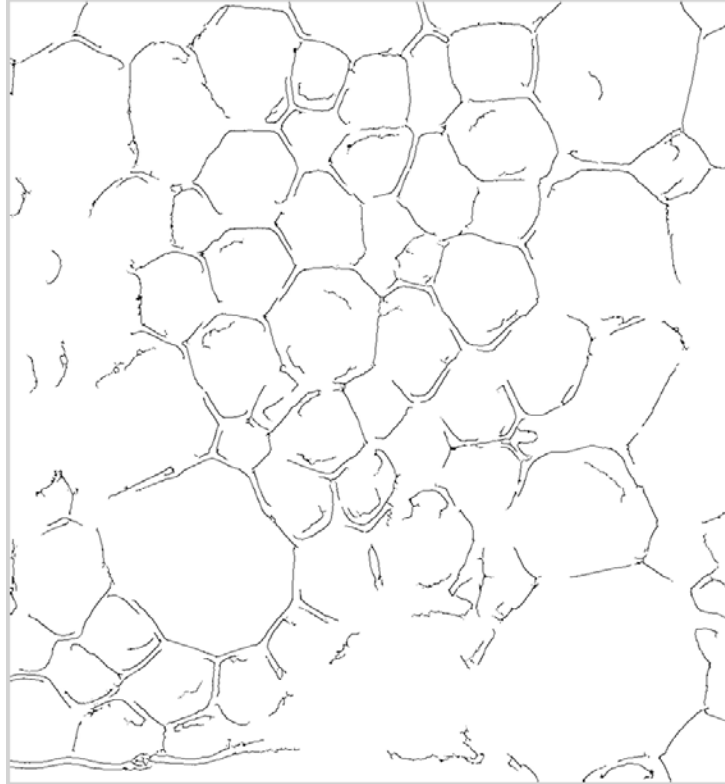
실험 결과

- 작은크기의 거품

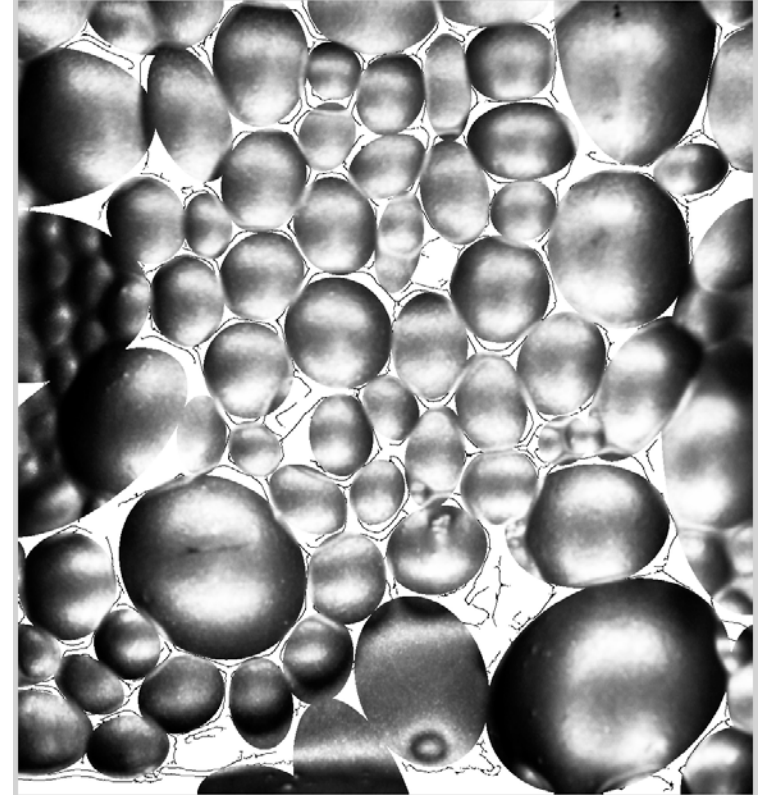
※ 입력 영상



※ 경계 영상



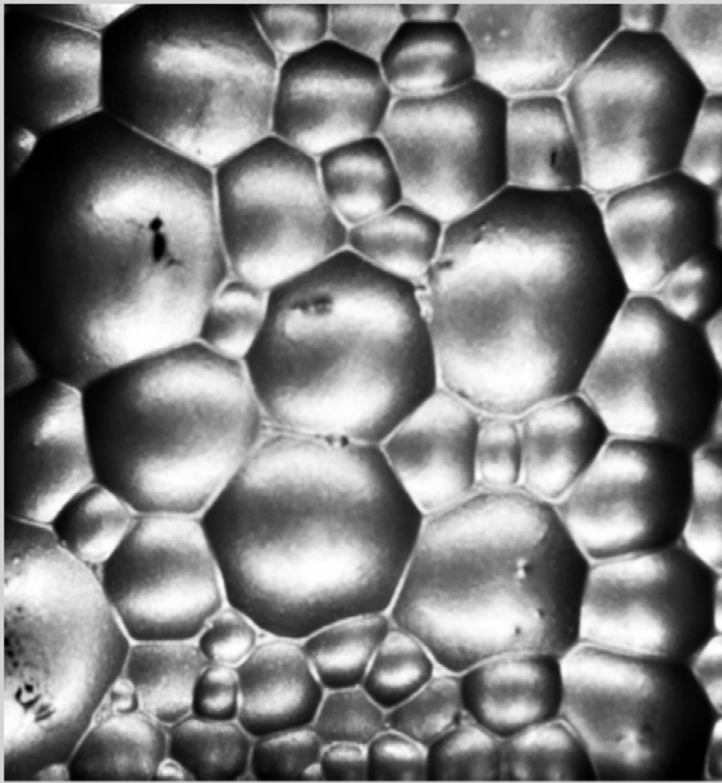
※ 거품 검출 영상



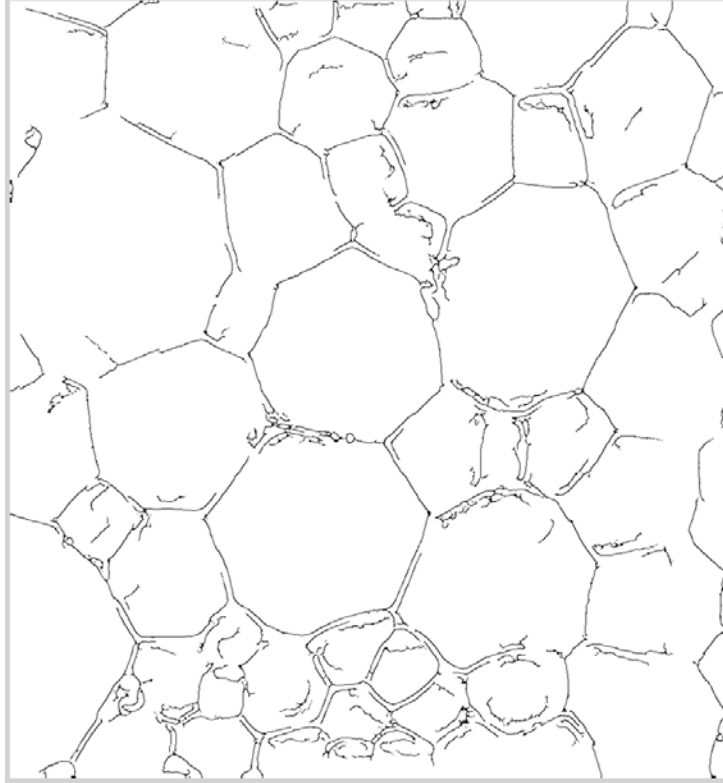
실험 결과

- 중간크기의 거품

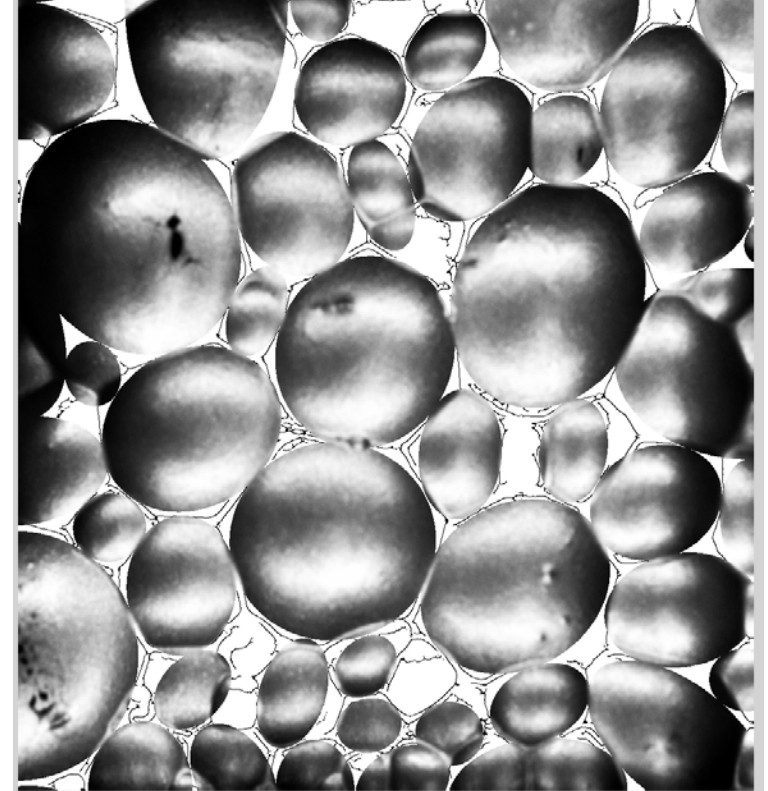
※ 입력 영상



※ 경계 영상



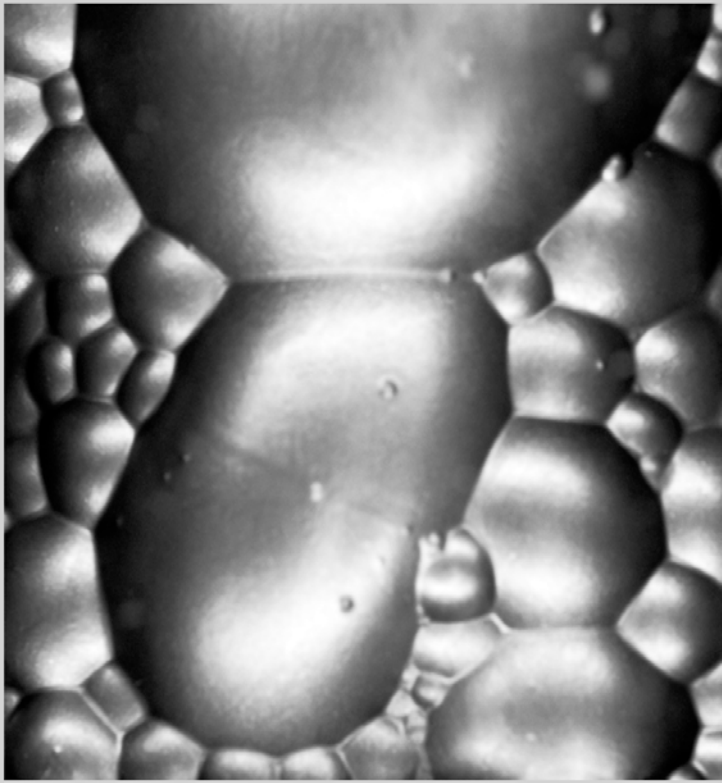
※ 거품 검출 영상



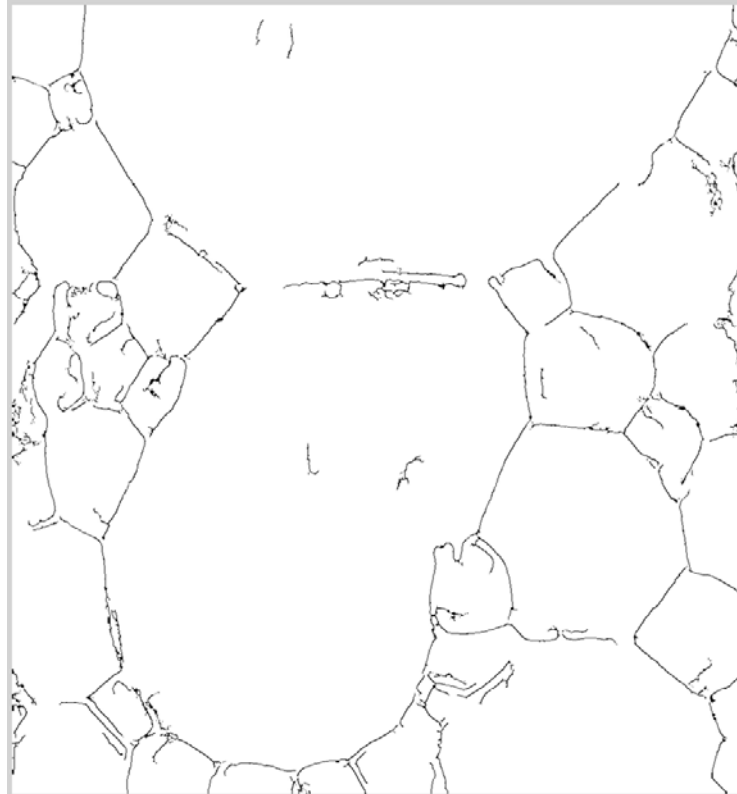
실험 결과

- 큰 크기의 거품

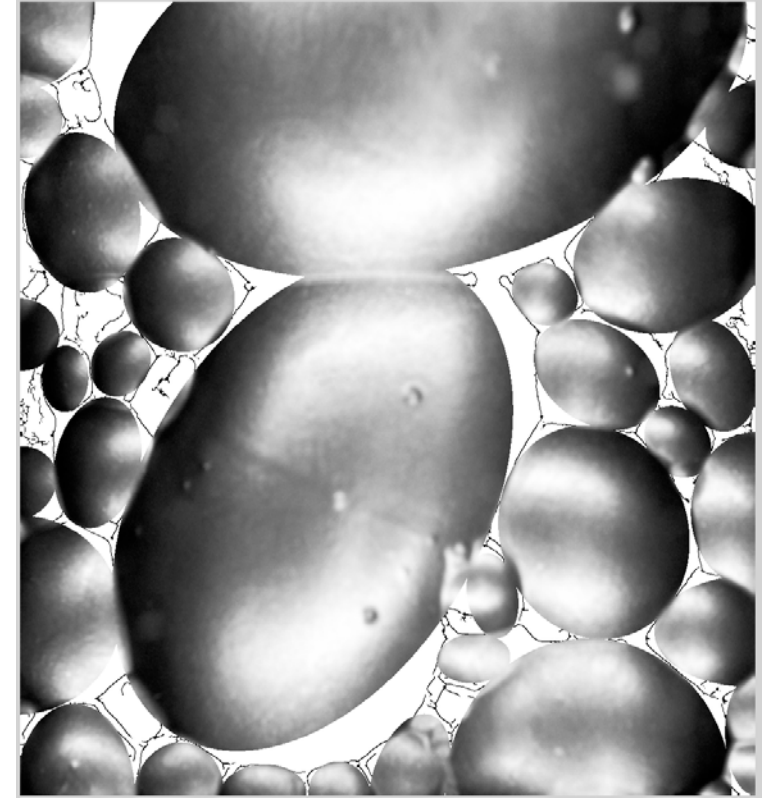
※ 입력 영상



※ 경계 영상

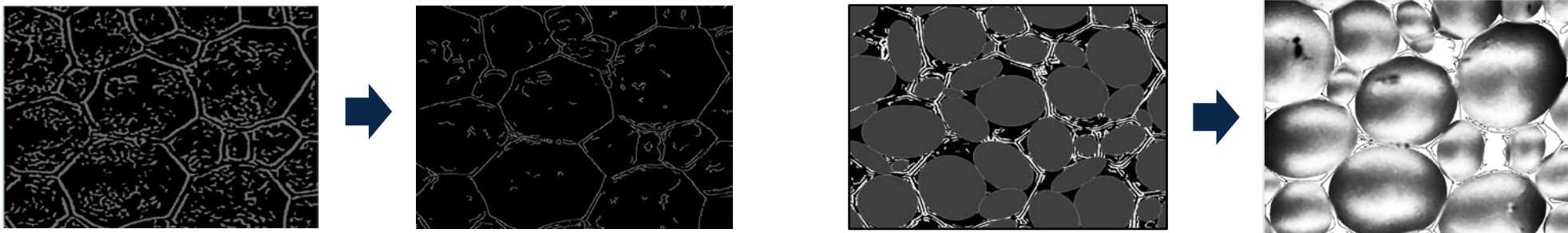


※ 거품 검출 영상



Future work

- 변경된 경계 검출 과정과 거품 분할 과정을 통해 향상된 경계 검출 결과 및 거품 분할 결과를 얻을 수 있었다.



- 거품 분할 과정이 검출된 경계에 의존하기 때문에 경계 정보가 부족하거나, 잘못된 경계가 검출된다면 성능 저하가 관측된다.
- 영상에서 거품인 영역과 거품이 발생하지 않은 영역(수면)의 차이를 구분하기 어렵기 때문에 거품이 아닌 영역이 거품으로 분할된다.



- 강인한 거품 분할 성능을 확보하기 위해 거품의 경계 검출 과정의 보완과 거품이 아닌 영역을 구분하는 기법이 추가될 필요가 있다.

Q & A
