

# 컬러영상에서 Mean-Shift 군집화와 단계별 병합 방법을 이용한 자동 원료 선별 알고리즘

김상준, 장지현, 고병철  
계명대학교 컴퓨터공학과

e-mail : {tmsor5, jihyeon7373}@naver.com, niceko@kmu.ac.kr

## Automatic Source Classification Algorithm using Mean-Shift Clustering and stepwise merging in Color Image

Sang-Jun Kim, JiHyeon Jang, ByoungChul Ko  
Dept. of Computer Engineering, Keimyung University

### 요 약

본 논문에서는 곡물이나 광석 등의 원료들 중에서 양품 및 불량품을 검출하기 위해, Color CCD 카메라로 촬영한 원료영상에서 Mean-Shift 클러스터링 알고리즘과 단계별 병합 방법을 제안하고 있다. 먼저 원료 학습 영상에서 배경을 제거하고 영상 색 분포정도를 기준으로 모폴로지를 이용하여 영상의 전경맵을 얻는다. 전경맵 영상에 대해서 Mean-Shift 군집화 알고리즘을 적용하여 영상을 N개의 군집으로 나누고, 단계별로 위치 근접성, 색상대푯값 유사성을 비교하여 비슷한 군집끼리 통합한다. 이렇게 통합된 원료 객체는 영상채널마다의 연관관계를 반영할 수 있도록 RG/GB/BR의 2차원 컬러분포도로 표현한다. 원료 객체별로 변환된 2차원 컬러 분포도에서 분포의 주성분의 기울기와 타원들을 생성한다. 객체별 분포 타원은 테스트 원료 영상데이터에서 양품과 불량품을 검출하는 임계값이 된다. 본 논문에서 제안한 방법으로 다양한 원료영상에 실험한 결과, 기존 선별방식에 비해 사용자의 인위적 조작이 적고 정확한 원료 선별 결과를 얻을 수 있었다.

**Keyword:** 원료 선별, Mean-Shift 군집화, 단계적 병합, 2차원 컬러 분포도

### 1. 서론

최근 불량 원료로 생산된 농수산물로 인해 각종 안전사고가 빈번하게 발생함에 따라, 다양한 원료에 대한 자동 선별연구에 대한 필요성이 증대되고 있다. 이러한 자동 원료 선별 연구는 농수산물뿐만 아니라 광석 및 폐자재 등의 다양한 원료를 선별하는 분야에 적용할 수 있으며, 양질의 상품을 가공하기 위한 필수 과정이다.

현재 주로 사용되고 있는 원료 선별 방식은 숙련 노동자에 의한 육안 선별 방식이다. 하지만 이러한 방식은 수십 년간 숙련된 노동자가 필요하며 장시간의 반복적 노동으로 인해 선별 능력이 떨어질 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Mono CCD 카메라로부터 입력된 영상으로부터 원료의 밝기 정보를 이용하여 선별 방식이 개발되었다. 이 방식은 곡물과 같은 단색 계열의 원료에는 효과적인 방식이지만, 광석이나 폐자재와 같이 다양한 색상을 포함하는 원료에 대해서는 선별 성능이 떨어진다는 문제점이 있다.

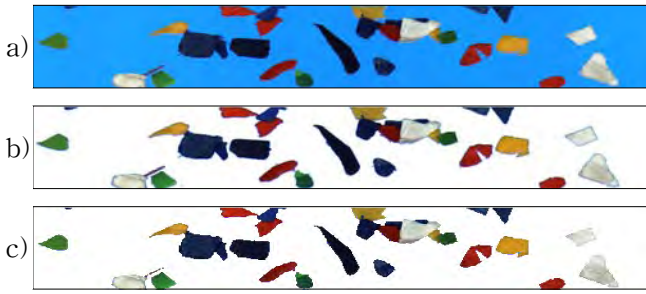
본 논문에서는 기존의 컬러 CCD 카메라 기반 원료 선별기의 문제점을 해결하고 선별 성능을 개선하는 알고리즘을 제안하고자 한다. 먼저 원료를 분류하기 위해서 전처리 작업으로 영상의 배경을 제거한다. 그리고 영상의 군집

화를 위해 원료 색상과 위치정보를 기반으로 Mean-Shift 군집화 알고리즘[2]을 수행하고, 생성되는 다수 군집들의 색상 유사성과 거리 근접성을 기준으로 병합하여 원료를 의미 있는 객체단위로 세그멘테이션 한다. 이후 지정된 원료 객체를 색상 군집으로 투영하고 분포에 따른 타원을 정의한다. 새로 입력한 테스트 원료는 동일한 과정을 거쳐 타원 포함여부를 기준으로 양품과 불량품으로 분류한다.

### 2. 분류방법

#### 2.1. 영상배경제거

원료들은 그림 1 (a)와 같이 일정한 배경을 대상으로 촬영됨으로 우선 배경과 전경을 구분하기 위해, 입력 영상 첫 열의 컬러 값을 배경색이라고 가정하고, 추정된 색상을 기준으로 영상에서 배경을 제거하여 원료만 남기는 전경맵을 생성한다 (그림 1 (b)). 이 과정에서 원료 테두리의 배경은 완벽히 제거되지 않기 때문에, 전경맵에서 원료부분을 기준으로 모폴로지 침식연산(morphology erosion)을 수행하여 남은 원료의 가장자리에 남아 있는 배경 픽셀을 제거한다 (그림 1 (c)).



(그림 1) 배경제거과정, (a) 원료 입력 영상, (b)배경 제거 후 전경 맵 (c) 모폴로지 침식 적용 영상

### 2.2. Mean-Shift 군집화

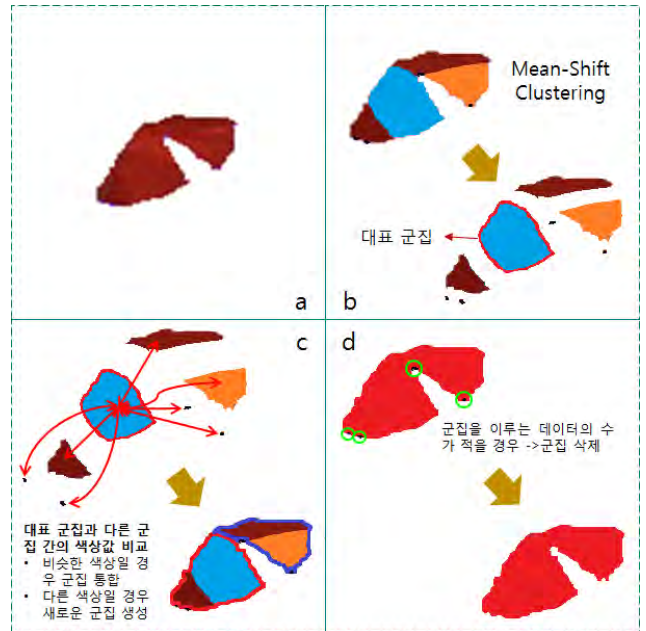
본 연구에서는 모폴로지 침식이 적용된 영상에 대해 두 번째 단계로 Mean-shift 군집화 알고리즘[2]을 적용한다.

K-means 군집화 알고리즘과 달리 Mean-shift 군집화는 군집의 수를 지정해줄 필요가 없으며 군집의 초기 값을 고민할 필요가 없다. 따라서, 본 연구에서는 앞서 생성한 배경 맵의 전경 군집에 대해서만 Mean-shift 군집화를 적용한다.

전경 맵 내에서 임의의 시작 픽셀을 기준으로 윈도우영역을 지정한다. 이 윈도우 영역 내에서 시작픽셀의 색상을 기준 색상값으로 정의하고 유사한 데이터들을 찾는다. 찾은 데이터들의 좌표평균은 새로운 무게중심이 되고, 색상의 평균은 새로운 기준 색상값이 된다. 그리고 다시 윈도우영역을 새로운 무게중심으로 옮겨 위의 작업을 반복한다. 이 계산 작업은 무게중심이 수렴할 때까지 반복하고, 마지막에 얻은 기준 색상값은 시작 픽셀의 기준 색상값이 된다. 다른 모든 픽셀들에 대해서도 위와 같은 작업을 반복해 각각의 기준 색상값을 얻는다. 후에 기준 색상값들간의 유사도를 기준으로 군집을 지정할 수 있다.

### 2.3. 단계별 병합 방법

원료에 따라 여러 개의 색상을 가지고 있는 경우 군집화 작업으로 실제로 한 객체인 것이 여러 군집으로 분할되는 경우가 발생한다. 이 다수의 군집들은 Jung[4]에서 소개한 방법으로 실제 객체와 가깝게 정리할 수 있다. 그림 2의 (b)와 같이 Mean-shift 군집화가 적용된 후에 각 원료별로 가장 큰 군집을 seed 군집으로 선택한다. 이후 각 군집에 대해 seed 군집과 주변 군집간의 거리(위치 근접성)와 각 주변 군집의 대표 색상과 seed군집의 대표색상간의 차이(색상 유사성)를 측정한다 (그림 2 (c)).



(그림 2) 군집화과정; a. 영상입력, b. Mean-Shift 군집화 및 대표군집 선택, c. 위치 근접성과 색상 유사성을 이용한 군집 병합 d. 최종 군집 결과

위치 근접성과 색상 유사성이 임계값 이하일 경우 두 군집들은 병합되고 병합된 군집이 새로운 seed군집이 된다.

### 2.4 군집별 색상분포 변환 및 타원 임계값 설정

영상에서 지정한 군집데이터를 기준으로 RG/GB/BR의 2차원 칼라분포도에 군집을 표기한다. 각 분포도 데이터의 군집을 기준으로 타원을 생성한다.

군집데이터들에게서 선형회귀함수를 계산하여 군집의 주성분과 그 기울기를 찾는다. 그리고 군집의 너비와 높이를 구해 타원에 필요한 장축 값과 단축 값을 구한다.

기울기와 장축 값과 단축 값과 데이터 중심 값을 이용하여 해당군집을 포함하는 타원을 생성할 수 있다.

### 3. 실험 및 성능평가

본 논문에서는 쌀과 커피, 그리고 플라스틱원료에 대하여 분류정도를 실험하였고, 비교를 위해 K-means Clustering 및 ㉞대원GSI의 상용알고리즘등과 함께 비교 실험해보았다.

평가를 위하여 각 방법에서 나온 타원영역을 사람이 판단한 관심영역과 비교하여 두 영역의 오차비율을 평가하였다.

$$S_u = \frac{M - (M \cap R)}{S_m}$$

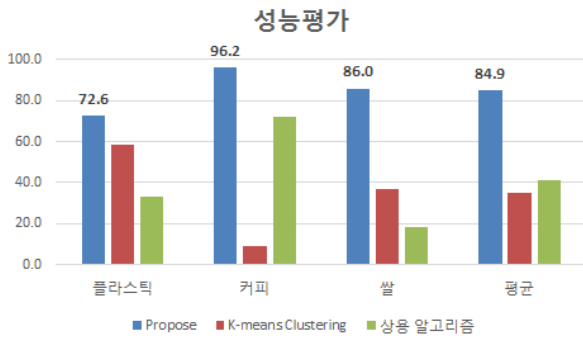
$$S_o = \frac{R - (R \cap M)}{S_r}$$

$$AVG = (1 - (S_u \oplus S_o)) \times 100 \quad (식 1)$$

M은 실측 영역을 의미하고 S는 알고리즘이 추출한 영

역을 의미한다.  $S_m$  과  $S_r$  은 추출된 관심영역의 전체 픽셀 크기이다[5].

[4] Mira Jung, ByoungChul Ko and Jae-Yeal Nam, "Overlapping Nuclei Segmentation based on Bayesian Networks and Stepwise Merging Strategy," Journal of Microscopy, Vol. 235, pp. 188 - 198, April. 2009.  
 [5] 서미숙, 고병철, 남재열, "적응적 관심윈도우 기반의 세포영상 분할 기법", 한국정보처리학회 논문지 B, 14권 2호 p 99~106, Apr. 2007.



(그림 3) 제안한 알고리즘과 비교알고리즘간의 성능비교

제안한 알고리즘은 평균 약 84.9%, K-means Clustering 알고리즘은 평균 34.7% 그리고 상용알고리즘은 평균 41.1%로 제안한 알고리즘이 다른 두 알고리즘에 비해 성능이 우수한 것을 확인할 수 있었다.

실험에 사용한 세 가지 원료 중에서 플라스틱은 다양한 색상이 포함되어 있어서 다른 원료에 비해 평균 18.5%의 성능이 떨어지는 것을 알 수 있었다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 곡물이나 광석 및 기타 자재와 같은 원료들에서 양품을 효과적으로 선별하기 위해 컬러영상의 RGB데이터를 이용하여 선별이 가능한 알고리즘을 제안하였다. 실험결과 제안한 알고리즘은 원료의 색을 기준으로 K-means Clustering 및 상용알고리즘에 비해 사용자의 인위적 조작이 적고 정확한 원료 선별 결과를 얻을 수 있었다.

향후 연구에서는 더 다양한 환경과 다양한 원료에서도 적용이 가능하며, 분류속도를 더 개선할 수 있도록 연구할 계획이다.

#### 감사의 글

본 논문은 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 산학협력 선도대학 육성사업의 연구결과입니다.

#### 참고문헌

[1] ㈜대원GSI 홈페이지(<http://www.daewon.com/>)  
 [2] Dorin Comaniciu and Perer Meer, "Mean shift: a robust approach toward feature space analysis," IEEE Transactions on pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.24, No.5, pp.603-619, May. 2002.  
 [3] David M. Mount, "KMlocal: A Testbed for k-means Clustering Algorithms," Institute for Advanced Computer Studies, Aug. 2005.