

Segmentation

Segmentation techniques & Watershed

김성영교수
금오공과대학교
컴퓨터공학과

학습목표

- 영상 분할 Image segmentation의 목적 및 필요성을 설명할 수 있다.
- 영상 분할 Image segmentation 방법을 구분하여 설명할 수 있다.

Overview

- 목적 Goal

- 전체 영상을 객체 또는 의미 있는 객체의 일부 영역 집합으로 구분

- 필요성 Need

- 영상에 포함된 객체나 관심 영역에 대한 구분

- 픽셀 단위가 아닌 고수준에서의 영상 처리 수행 가능

Overview

- 기본 방법들 Basic methodologies of image segmentation

- 영역 내부의 유사성 측정 Measure of **homogeneity**

- 영역간의 차이 측정 Measure of **contrast**

- ⇒ 밝기, 색, 질감 등의 특징을 사용

- 고려 요소

- 노이즈 Noise

- 연결성 Connectivity

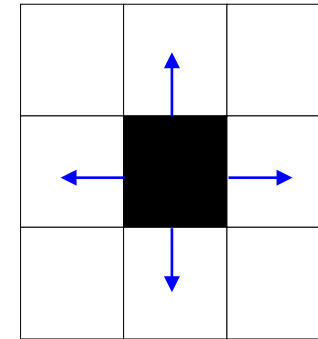
- 공간적으로 디지털화한 결과에서 기인함



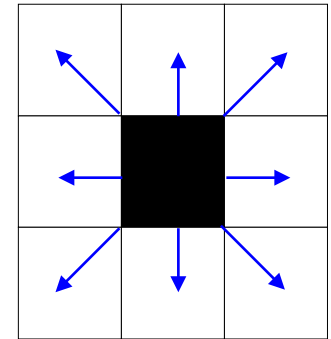


연결성 Connectivity

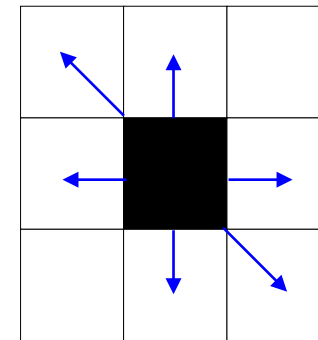
- 인접한 픽셀의 연결 여부를 결정
- 연결성 유형 Connectivity Types
 - 4-연결성 4-connectivity
 - 8-연결성 8-connectivity
 - 6-연결성 6-connectivity



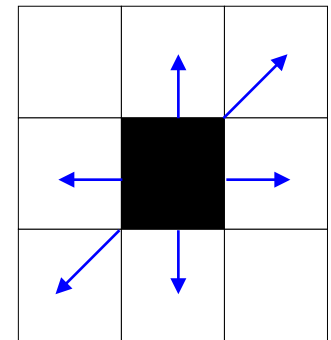
4-connectivity



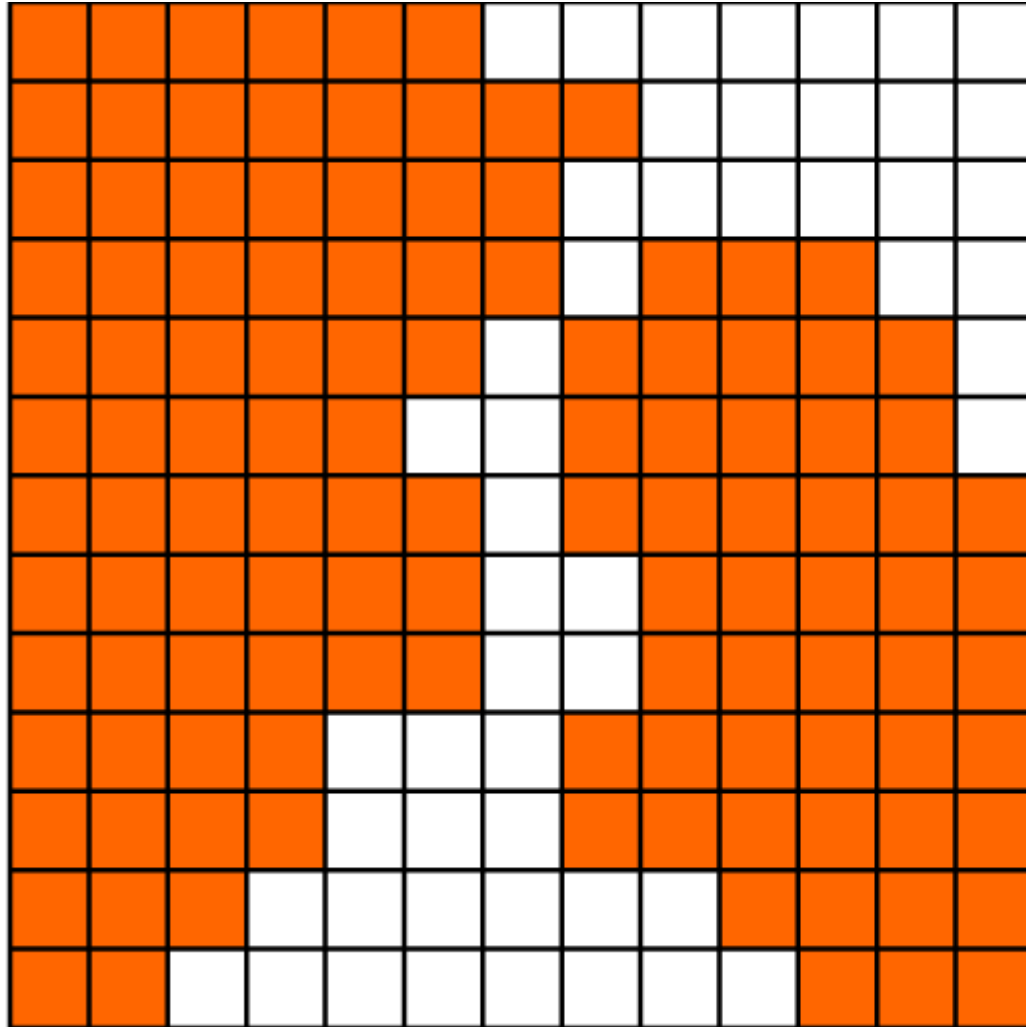
8-connectivity



6-connectivity
NW/SE



6-connectivity
NE/SW



 **4-connectivity**

 **8-connectivity**

 **Original**

전통적인 기법들 Classical techniques

- 영역 기반 기법 Region-based Segmentation
- 군집화 기반 기법 Clustering-based Techniques
- 경계 검출 Boundary Detection

영역 기반 방법 Region-based Segmentation

- 기본 원칙 Basic formulation

- 입력 영상을 다음을 만족하는 부분 영역 R_i 으로 분리

- ① $\cup R_i = R$, for $i=1, 2, \dots, n$
- ② R_i ($i=1, 2, \dots, n$)는 연결된 영역
- ③ 모든 $i, j (i \neq j)$ 에 대해 $R_i \cap R_j = \emptyset$
- ④ $P(R_i) = \text{TRUE}$, $i=1, 2, \dots, n$
- ⑤ $i \neq j$ 에 대해 $P(R_i \cup R_j) = \text{FALSE}$

- 목적Goals

- 사전에 정해진 유사도 측정 방법을 기반으로 주변 pixels 혹은 sub-regions을 병합하여 보다 큰 영역을 형성

- 주요사항

- 유사도 기준similarity criteria 선택
- 시작점seed 선택
- 정지 규칙stop rule 결정
- 연결성 유형Connectivity Types 선택

● 알고리즘

1. 유사도 측정 방법 결정
 - 유사도 측정에 사용할 특징 정의
 - 유사도 기준^{similarity criteria} 선택
2. 하나 이상의 시작점^{seed} 선택
3. 시작점의 이웃 픽셀에 대해 유사도 측정을 수행
4. 유사도 측정을 통과하면 해당 픽셀을 시작점으로 추가
5. 인접한 모든 픽셀에 대해 단계 3과 4를 반복 수행



특징Measure: 픽셀 밝기 값

유사도 기준Criterion: 시작점과의 차이가 32 이내

시작점Seed: 수동으로 선택

연결성Connectivity Types: 8-연결성



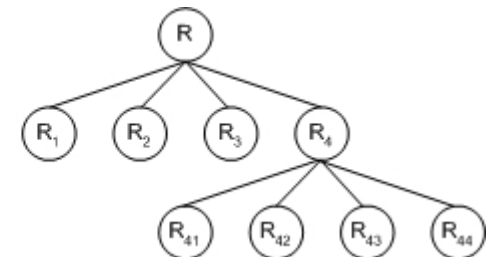
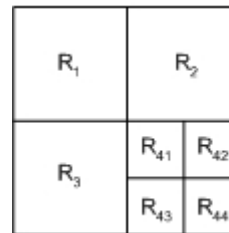
분할 합병 Split and Merge 기법 (1)

● 목적 Goals

- 영상을 겹치지 않는 영역으로 구분한 후 영상 분할의 기본 원칙을 만족하도록 각 영역을 반복적으로 분할 또는 합병 수행

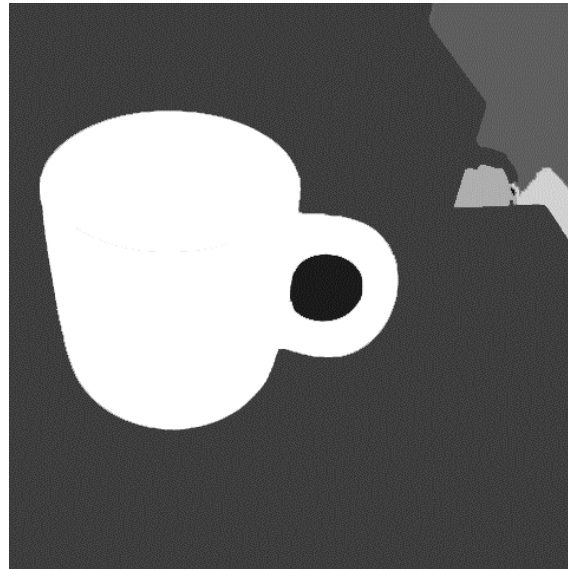
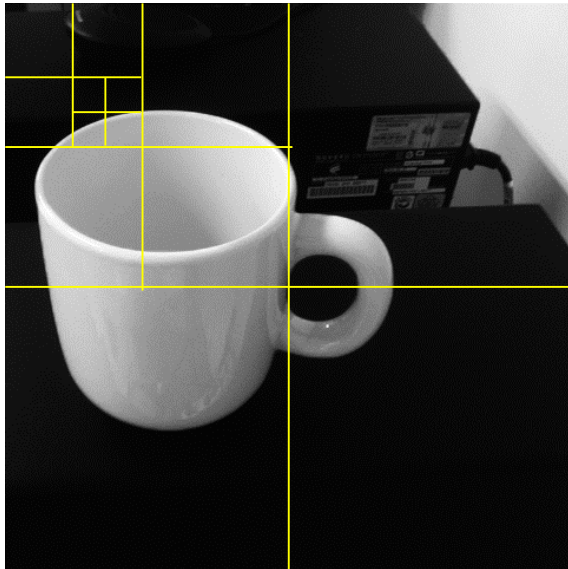
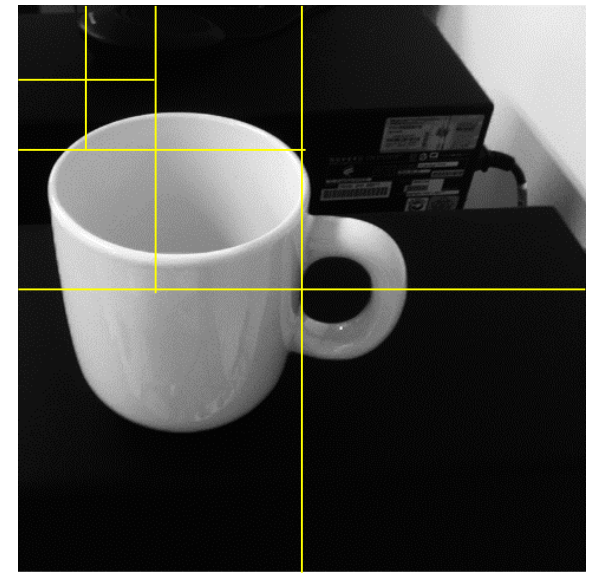
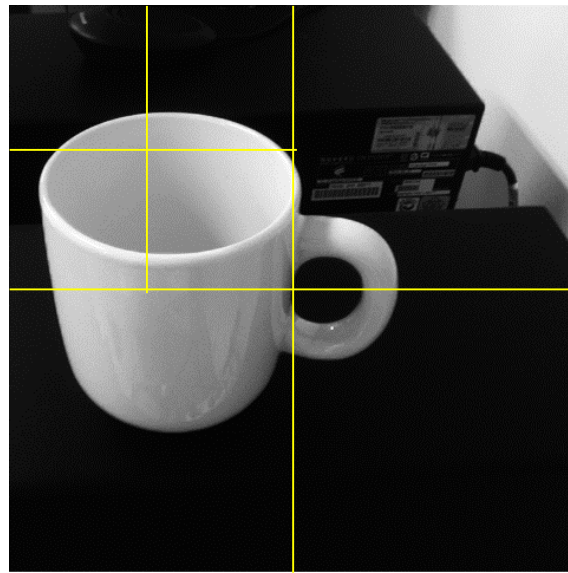
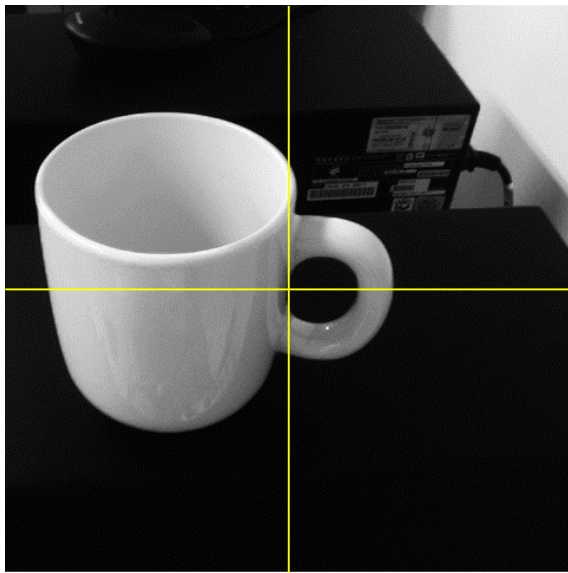
● 주요사항

- 유사도 기준 similarity criteria 선택
- 정지 규칙 stop rule 결정
- 주로 4분-트리 quad-tree를 사용하여 영역 구조를 표현



● 알고리즘

1. 유사도 측정 방법 결정
 - 유사도 측정에 사용할 특징 정의
 - 유사도 기준 similarity criteria 선택
2. $P(R_i) = \text{FALSE}$ 인 영역 R_i 에 대해 4개의 영역으로 분리 splitting
3. $P(R_j \cup R_k) = \text{TRUE}$ 을 만족하는 인접 영역 R_j 와 R_k 을 병합 merging
4. 더 이상 분리와 병합이 없을 때까지 2, 3단계 반복 수행



특징Measure: 픽셀 밝기 값
 유사도 기준Criterion: $|z_j - m_i| \leq 2\sigma_i$: z_j : 밝기, m_i : 영역 평균, σ_i : 영역 표준편차

- Watershed: 分水嶺
- Catchment basin: 集水 구역
 - 동일 호수로 물이 모이는 구역
- Minina
 - 집수 구역의 최저점

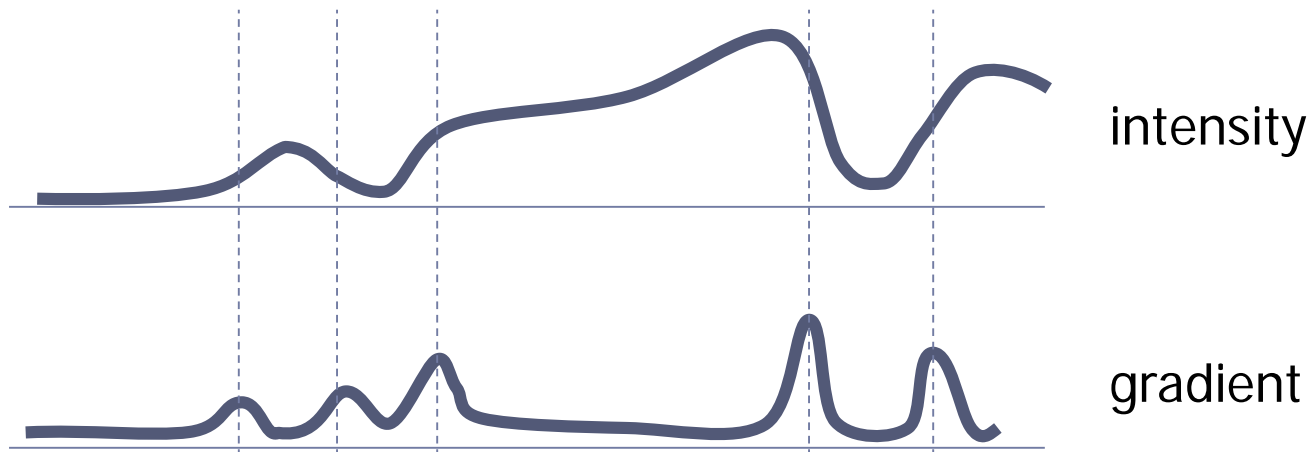
Watershed algorithm

- 전통적인 알고리즘 Conventional watershed algorithm

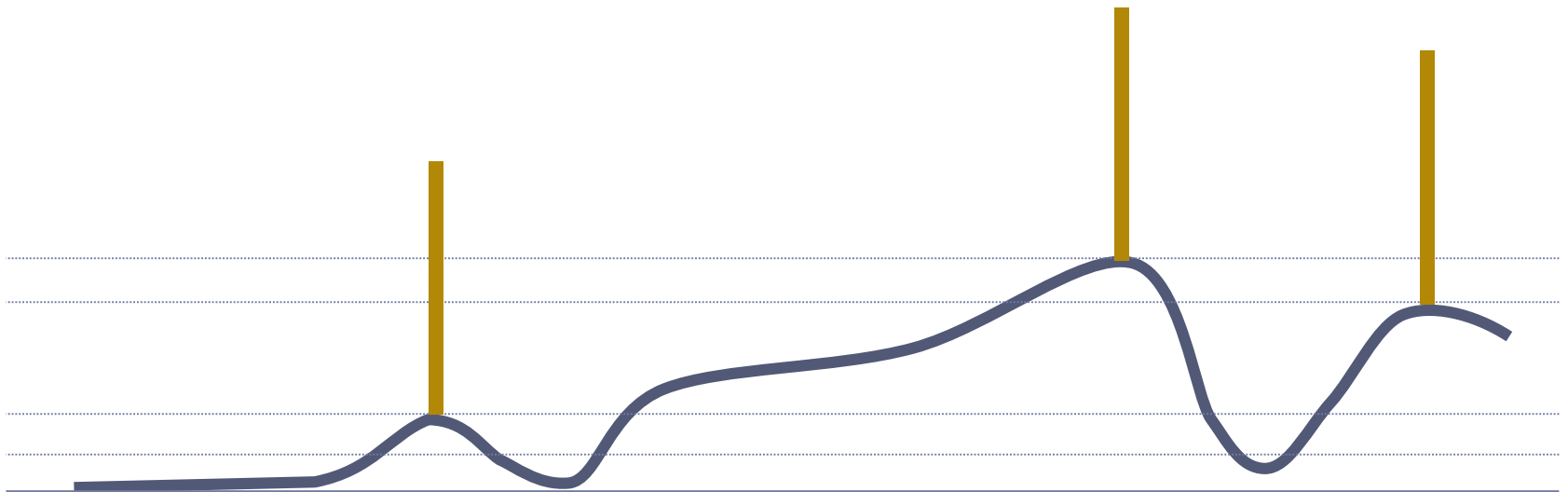
- 그래디언트 영상 gradient image에 적용

- 수정된 알고리즘 Modified watershed algorithm

- 밝기 영상 intensity image에 적용 가능



Basic Concept



Immersion simulation

(by Meyer)

1. 에지 강도 영상을 생성
2. 지역적으로 최소값 픽셀들을 찾아 서로 다른 레이블 할당
3. 레이블된 픽셀에 인접하면서 레이블되지 않거나 watershed가 아닌 픽셀들을 찾아 큐에 추가
4. 큐에서 꺼낸 픽셀이 하나의 레이블에 인접하면 그 레이블을 할당하고 아니면 watershed로 설정
5. 큐에 남은 픽셀이 존재하지 않을 때까지 단계 3과 4를 반복

Using Priority Queue

3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	30	30	30	10	15	15	20	20
3	3	3	5	30	20	20	20	30	15	15	20	20
40	40	40	40	40	20	20	20	40	40	40	40	40
10	10	10	10	40	20	20	20	40	10	10	10	10
5	5	5	5	10	40	20	40	10	10	5	5	5
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0

4-연결성 4-connectivity 사용

		(3,3)					
(2,4)		⋮		(2,9)		(10,9)	
(1,4)		(1,7)		(2,8)		(10,8)	
(0,4)		(0,7)		(2,7)		(10,7)	
40	....	5	4	3	2	1	0

3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	30	30	30	10	15	15	20	20
3	3	3	5	30	20	20	20	30	15	15	20	20
40	40	40	40	40	20	20	20	40	40	40	40	40
10	10	10	10	40	20	20	20	40	10	10	10	10
5	5	5	5	10	40	20	40	10	10	5	5	5
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0

minima 모두 찾아 레이블 할당
인접한 모든 픽셀들을 큐에 삽입

		(9,7)					
(2,4)		⋮		(2,9)		(10,9)	
(1,4)		(1,7)		(2,8)		(10,8)	
(0,4)		(0,7)		(2,7)		(10,7)	
40	....	5	4	3	2	1	0

3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	30	30	30	10	15	15	20	20
3	3	3	5	30	20	20	20	30	15	15	20	20
40	40	40	40	40	20	20	20	40	40	40	40	40
10	10	10	10	40	20	20	20	40	10	10	10	10
5	5	5	5	10	40	20	40	10	10	5	5	5
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0

밝기 1 slot에 대한 일부 처리 결과

		(9,9)					
(2,4)		⋮		(2,9)		(10,9)	
(1,4)		(1,7)		(2,8)		(10,8)	
(0,4)		(0,7)		(2,7)		(10,7)	
40	....	5	4	3	2	1	0

3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	30	30	30	10	15	15	20	20
3	3	3	5	30	20	20	20	30	15	15	20	20
40	40	40	40	40	20	20	20	40	40	40	40	40
10	10	10	10	40	20	20	20	40	10	10	10	10
5	5	5	5	10	40	20	40	10	10	5	5	5
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0

밝기 1 slot에 대한 처리 결과

		(3,9)					
(2,4)		⋮		(2,9)			
(1,4)		(1,7)		(2,8)			
(0,4)		(0,7)		(2,7)			
40	....	5	4	3	2	1	0

3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	30	30	30	10	15	15	20	20
3	3	3	5	30	20	20	20	30	15	15	20	20
40	40	40	40	40	20	20	20	40	40	40	40	40
10	10	10	10	40	20	20	20	40	10	10	10	10
5	5	5	5	10	40	20	40	10	10	5	5	5
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0

밝기 3 slot에 대한 처리 결과

		(3,9)					
(2,4)		⋮					
(1,4)		(1,7)					
(0,4)		(0,7)					
40	....	5	4	3	2	1	0

3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	30	30	30	10	15	15	20	20
3	3	3	5	30	20	20	20	30	15	15	20	20
40	40	40	40	40	20	20	20	40	40	40	40	40
10	10	10	10	40	20	20	20	40	10	10	10	10
5	5	5	5	10	40	20	40	10	10	5	5	5
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0

밝기 5 slot에 대한 일부 처리 결과

(3,4)		(3,9)					
⋮		⋮					
(1,4)		(1,7)					
(0,4)		(0,7)					
40	....	5	4	3	2	1	0

3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	30	30	30	10	15	15	20	20
3	3	3	5	30	20	20	20	30	15	15	20	20
40	40	40	40	40	20	20	20	40	40	40	40	40
10	10	10	10	40	20	20	20	40	10	10	10	10
5	5	5	5	10	40	20	40	10	10	5	5	5
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0

밝기 5 slot에 대한 처리 결과

(10,4)		(8,3)		(6,9)			
⋮		⋮		⋮			
(1,4)		(6,2)		(11,1)			
(0,4)		(5,2)		(11,0)			
40	....	30	....	20	....	1	0

3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	30	30	30	10	15	15	20	20
3	3	3	5	30	20	20	20	30	15	15	20	20
40	40	40	40	40	20	20	20	40	40	40	40	40
10	10	10	10	40	20	20	20	40	10	10	10	10
5	5	5	5	10	40	20	40	10	10	5	5	5
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0

밝기 15 slot 까지의 처리 결과

(12,4)		(8,3)		(6,9)			
⋮		⋮		⋮			
(1,4)		(6,2)		(11,1)			
(0,4)		(5,2)		(11,0)			
40	....	30	....	20	....	1	0

3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	30	30	30	10	15	15	20	20
3	3	3	5	30	20	20	20	30	15	15	20	20
40	40	40	40	40	20	20	20	40	40	40	40	40
10	10	10	10	40	20	20	20	40	10	10	10	10
5	5	5	5	10	40	20	40	10	10	5	5	5
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0

밝기 20 slot 까지의 처리 결과

(12,4)		(8,3)					
⋮		⋮					
(1,4)		(6,2)					
(0,4)		(5,2)					
40	....	30	....	20	....	1	0

3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	30	30	30	10	15	15	20	20
3	3	3	5	30	20	20	20	30	15	15	20	20
40	40	40	40	40	20	20	20	40	40	40	40	40
10	10	10	10	40	20	20	20	40	10	10	10	10
5	5	5	5	10	40	20	40	10	10	5	5	5
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0

밝기 30 slot의 처리 후보 대상

(12,4)		(8,3)					
⋮		⋮					
(1,4)		(6,2)					
(0,4)		(5,2)		(5,3)			
40	....	30	....	20	....	1	0

3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	30	30	30	10	15	15	20	20
3	3	3	5	30	20	20	20	30	15	15	20	20
40	40	40	40	40	20	20	20	40	40	40	40	40
10	10	10	10	40	20	20	20	40	10	10	10	10
5	5	5	5	10	40	20	40	10	10	5	5	5
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0

처리 및 인접 픽셀 삽입 결과

(8,4)							
⋮		(8,3)					
(1,4)		(7,2)					
(0,4)		(6,2)					
40	....	30	....	20	....	1	0

3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	30	30	30	10	15	15	20	20
3	3	3	5	30	20	20	20	30	15	15	20	20
40	40	40	40	40	20	20	20	40	40	40	40	40
10	10	10	10	40	20	20	20	40	10	10	10	10
5	5	5	5	10	40	20	40	10	10	5	5	5
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0

밝기 20 slot의 처리 결과

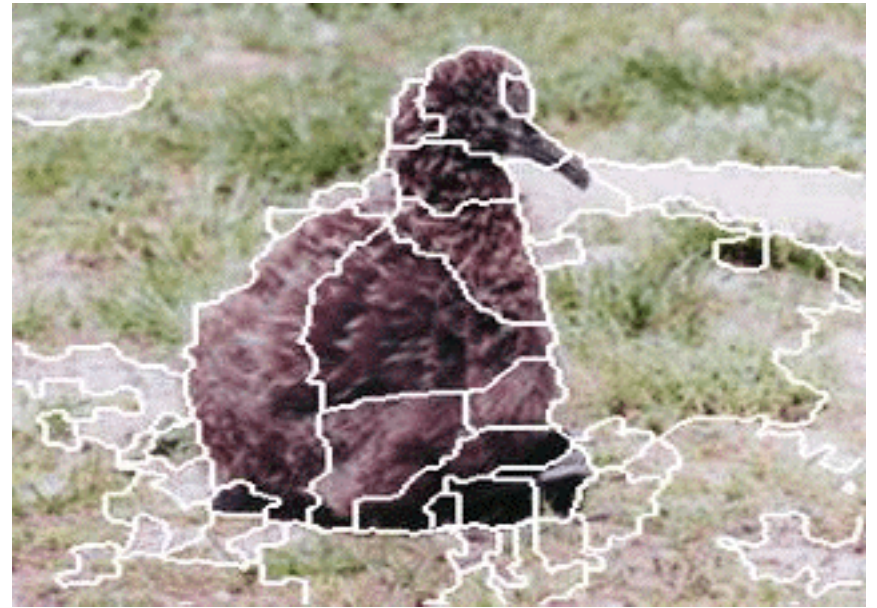
(8,4)							
⋮		(8,3)					
(1,4)		(7,2)					
(0,4)		(6,2)					
40	....	30	....	20	....	1	0

3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	30	30	30	10	15	15	20	20
3	3	3	5	30	20	20	20	30	15	15	20	20
40	40	40	40	40	20	20	20	40	40	40	40	40
10	10	10	10	40	20	20	20	40	10	10	10	10
5	5	5	5	10	40	20	40	10	10	5	5	5
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0

밝기 30 slot의 처리 결과

3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	5	10	10	10	10	15	20	20
3	3	3	5	5	30	30	30	10	15	15	20	20
3	3	3	5	30	20	20	20	30	15	15	20	20
40	40	40	40	40	20	20	20	40	40	40	40	40
10	10	10	10	40	20	20	20	40	10	10	10	10
5	5	5	5	10	40	20	40	10	10	5	5	5
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0
1	1	3	5	10	15	20	15	10	5	1	0	0

밝기 40 slot의 처리 결과



군집화 기법 Clustering Techniques

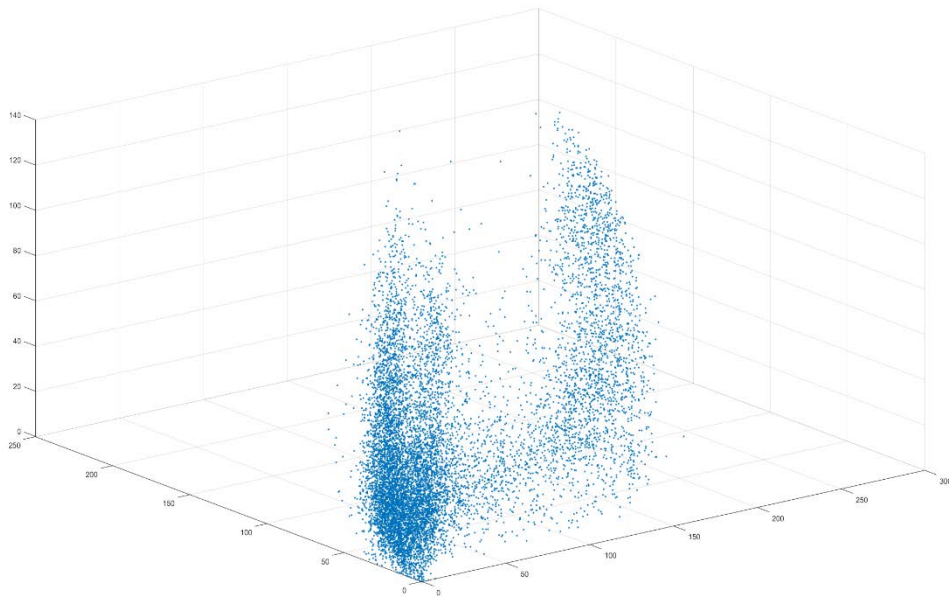
- 목적 Goals

- 특징 공간 Feature space에서 군집화 clustering에 의해 영상분할 segmentation 수행

- 절차 Process

- 1. 입력 영상의 각 픽셀을 특징 공간 feature space로 mapping
 - 2. 동질성을 이용해 각 점들을 해당 군집으로 구분
 - 3. 입력 영상으로 inverse mapping

C-Means Clustering





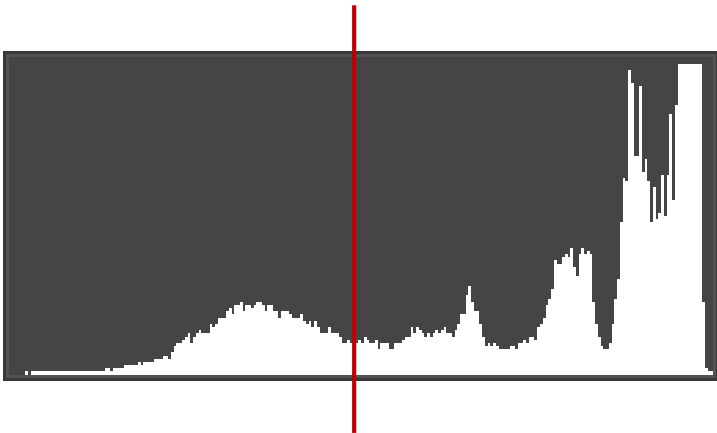
C-Means Clustering



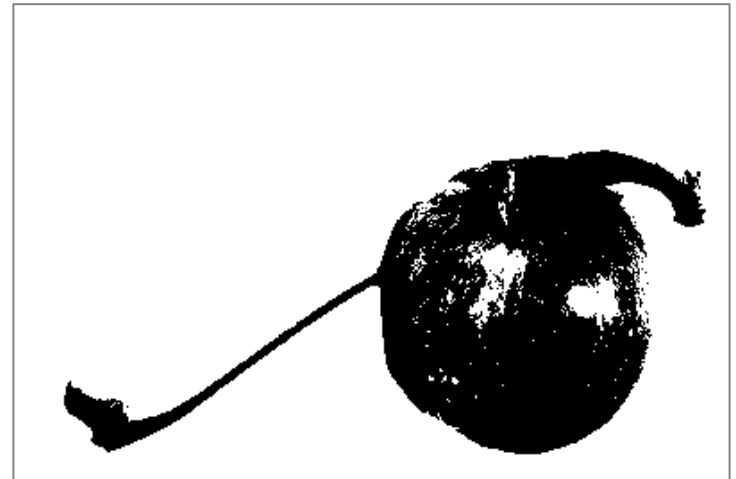
C-Means Clustering
with Gaussian smoothing

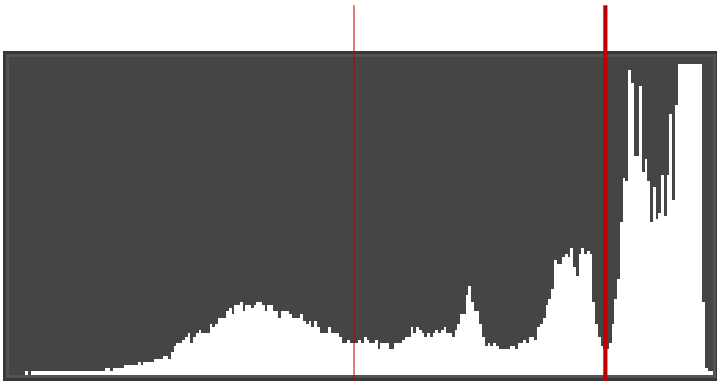
● 알고리즘

1. 입력 영상에 대한 히스토그램 계산
2. 하나의 구간을 두 개의 구간으로 분리하기 위한 최적의 임계값
threshold 계산
3. 지정한 개수의 영역이 존재 때까지 2번 단계에서 구한 각 영역에
대해 2번 단계를 반복
4. 구한 임계값을 사용하여 다중 임계화 수행



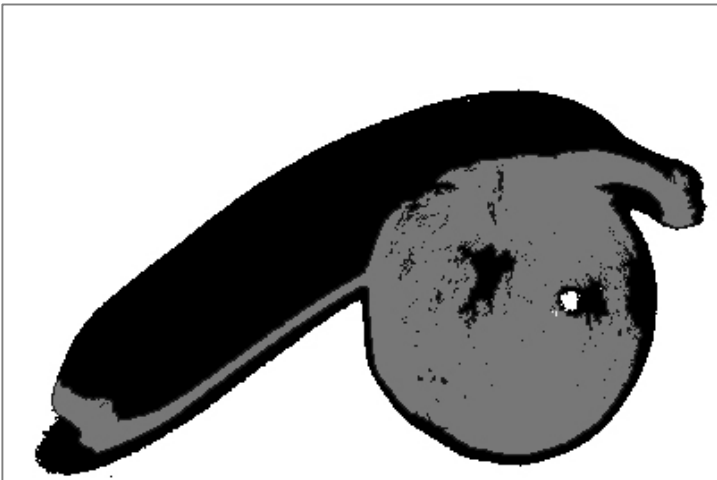
128





128

216



● 알고리즘

- 이진 영상에서 연결 요소에 대한 레이블을 할당
- 4-연결성 사용

1. 영상을 좌에서 우, 위에서 아래 방향으로 스캔
2. 0이 아닌 픽셀에 대해 위와 왼쪽 확인
 - 모두 0이면 현재 픽셀에 새로운 레이블 할당
 - 두 개중에서 1개만 0이 아니면 그 레이블 할당
 - 모두 0이 아니면 두 개중의 하나의 레이블을 할당하고 이 두 레이블은 동치^{equivalence}로 설정
3. 모든 픽셀에 단계 2를 반복
4. 동치 레이블에 대해 레이블 재설정

example

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	1
0	0	0	1	1	0	0	0
0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	2	2	0
0	3	1	0	0	2	2	2
0	0	0	4	4	0	0	0
0	4	4	4	4	4	0	0
0	0	0	0	4	4	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	2	2	0
0	1	1	0	0	2	2	2
0	0	0	4	4	0	0	0
0	4	4	4	4	4	0	0
0	0	0	0	4	4	0	0

동치
 $3 = 1$

- Image Segmentation

- 전체 영상을 객체 또는 의미 있는 객체의 일부 영역의 집합으로 구분하는 과정

- Categories of image segmentation techniques

- 영역 기반 기법 Region-based Segmentation
- 군집화 기반 기법 Clustering Techniques
- 경계 검출 Boundary Detection

- Connectivity Types

- 픽셀 간의 연결 여부 나타냄
- 4, 8 and 6-연결성 connectivity

● Watersheds

- Powerful segmentation operator from the field of Mathematical Morphology
- Introduced as a tool for segmenting grayscale images by S. Beucher, H. Digabel and C. Lantuejoul in the 70s
- Efficient algorithms based on immersion simulation were proposed by L. Vincent, F. Meyer, P. Soille (and others) in the 90s

Reference

- R. Gonzalez, R. Woods, **Digital Image Processing (2nd Edition)**, Prentice Hall, 2002
- Scott E Umbaugh, **Computer Imaging**, CRC Press, 2005

Lab.

- OpenCV의 샘플에 포함된 watershed.cpp를 참조하여 watershed() 함수의 사용 방법을 확인하시오.
 - C:\OpenCV\sources\samples\cpp 폴더 확인

- OpenCV의 샘플에 포함된 grabcut.cpp를 참조하여 grabcut() 함수의 사용 방법을 확인하시오.
 - C:\OpenCV\sources\samples\cpp 폴더 확인