디지털영상처리II (2021학년도 2학기)

7주: 영상분할(1)

김 남 규 (ngkim@deu.ac.kr)

디지털영상처리II (2021학년도 2학기)

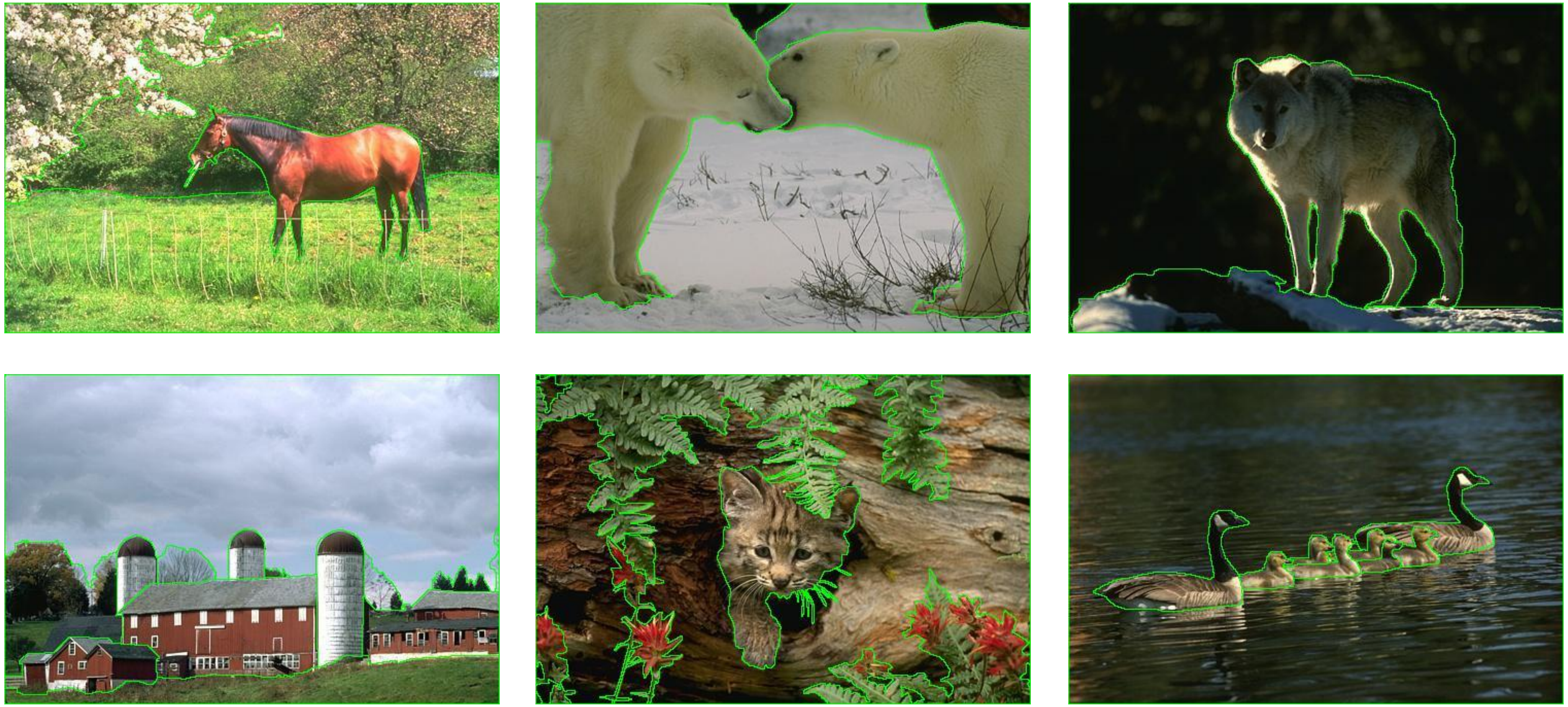
7주: 영상분할(1)

1 영상 분할 이해

김 남 규 (ngkim@deu.ac.kr)

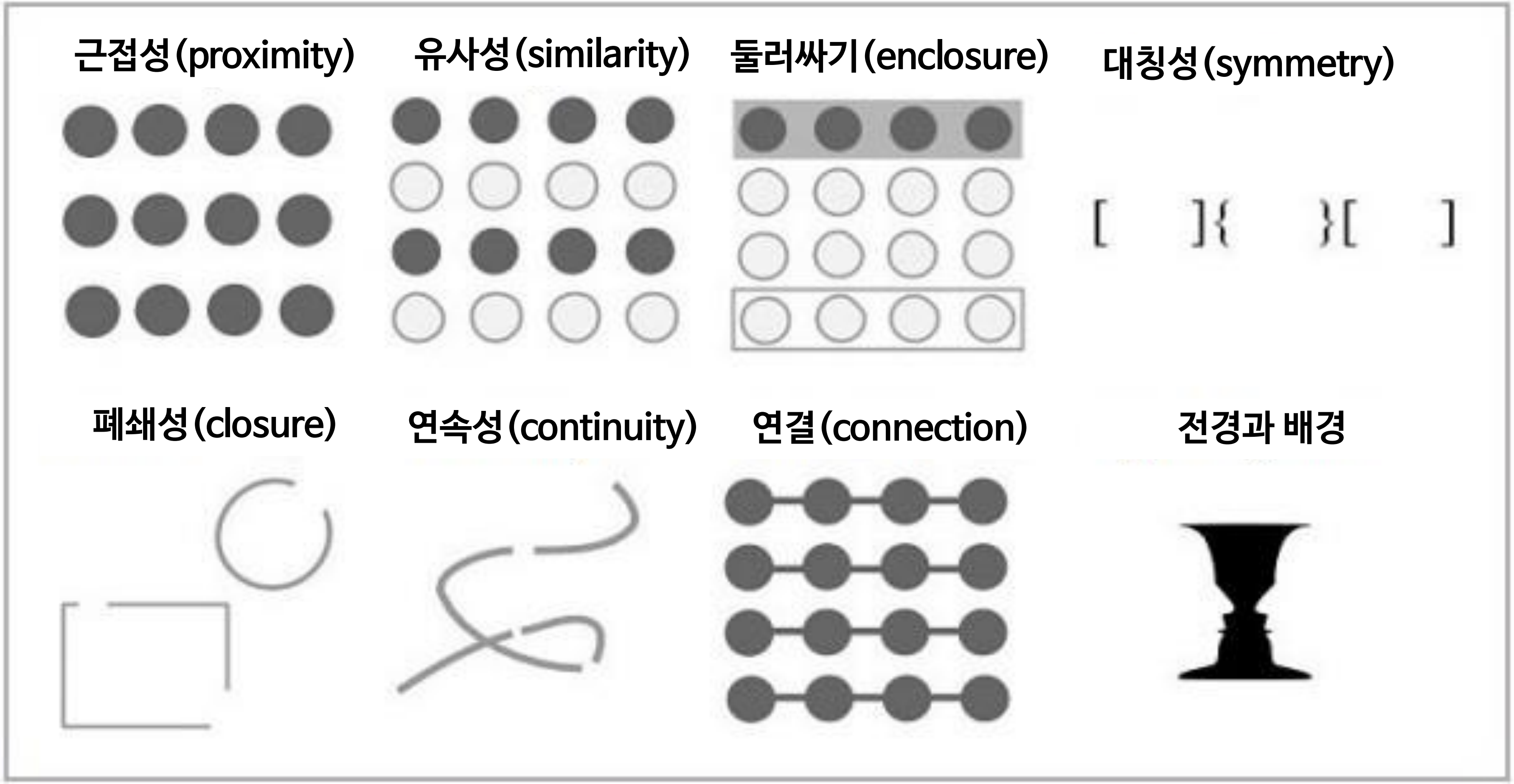
영상 분할(Image Segmentation)

- 연결된 픽셀(화소) (≈) 객체 집합으로 분할하는 작업
- 객체의 정의: 매우 주관, “관심있는 것과 그렇지 않은 것”, 매우 다양한 분석법과 해결책



게슈탈트 법칙(Gestalt laws)

- 개개의 감각적 부분이나 요소의 집합이 아닌 하나의 그 자체로 전체성 구조를 파악
- 전체성 요소



게슈탈트 법칙의 활용

유사성(similarity)

근접성(proximity)

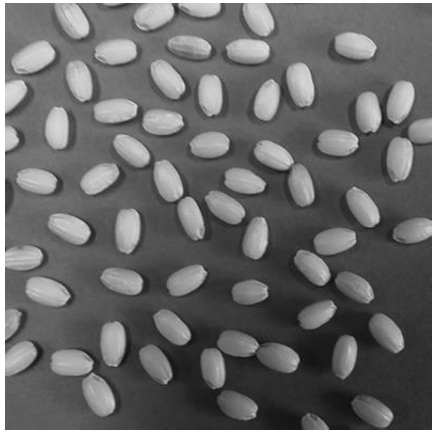
연속성(continuity)

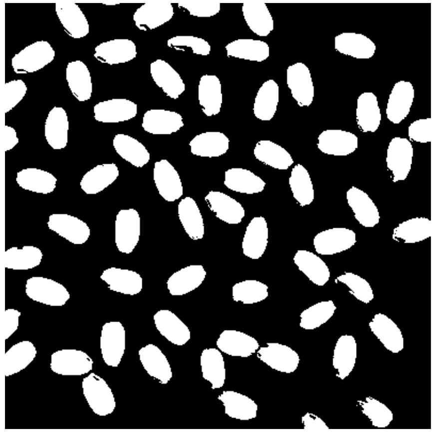
연결(connection)

대칭성(symmetry)

영상 분할(image segmentation) 정의

- 물체를 분류하거나 식별하기 위해서 이를 찾아내는 것
- 한 영상의 전체 공간 영역, $\boldsymbol{S}$에 대해 다음을 만족하는 n개의 세부 영역(sub-regions, $\boldsymbol{S_1}, \boldsymbol{S_2}, \ldots, \boldsymbol{S_n}$, partitions)으로 나누는 작업(partitioning)
  - $\bigcup_{i=1}^{n} \boldsymbol{S_i} = \boldsymbol{S}$: 분할의 합은(배경도 하나의 세부 영역) 전체 영상을 덮음
  - $\boldsymbol{S_i} \cap \boldsymbol{S_j} = \emptyset,\ \boldsymbol{i} \neq \boldsymbol{j}$: 각 세부 영역은 서로 교차하지 않음
  - $\forall \boldsymbol{S_i}, \boldsymbol{P}(\boldsymbol{S_i}) = \boldsymbol{true}$: 각 세부 영역은 안의 화소는 동질성($\boldsymbol{P}$)이 확보
  - $\boldsymbol{P}(\boldsymbol{S_i} \cup \boldsymbol{S_j}) = \boldsymbol{false}, \boldsymbol{i} \neq \boldsymbol{j}$: 인접 두 영역($\boldsymbol{S_i}, \boldsymbol{S_j}$)의 합집합은 동질성이 확보되지 못함





7주: 영상분할(1)

2 허프 변환(Hough transform)

김 남 규 (ngkim@deu.ac.kr)

객체의 직선 표현

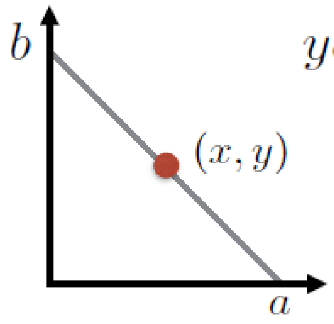
- Edge detection → 선으로 표현(영역 분할)

선의 표현 (1): 데카르트 좌표계(Cartesian coordinate)

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1$$

x-intercept　　　y-intercept

Derivation:

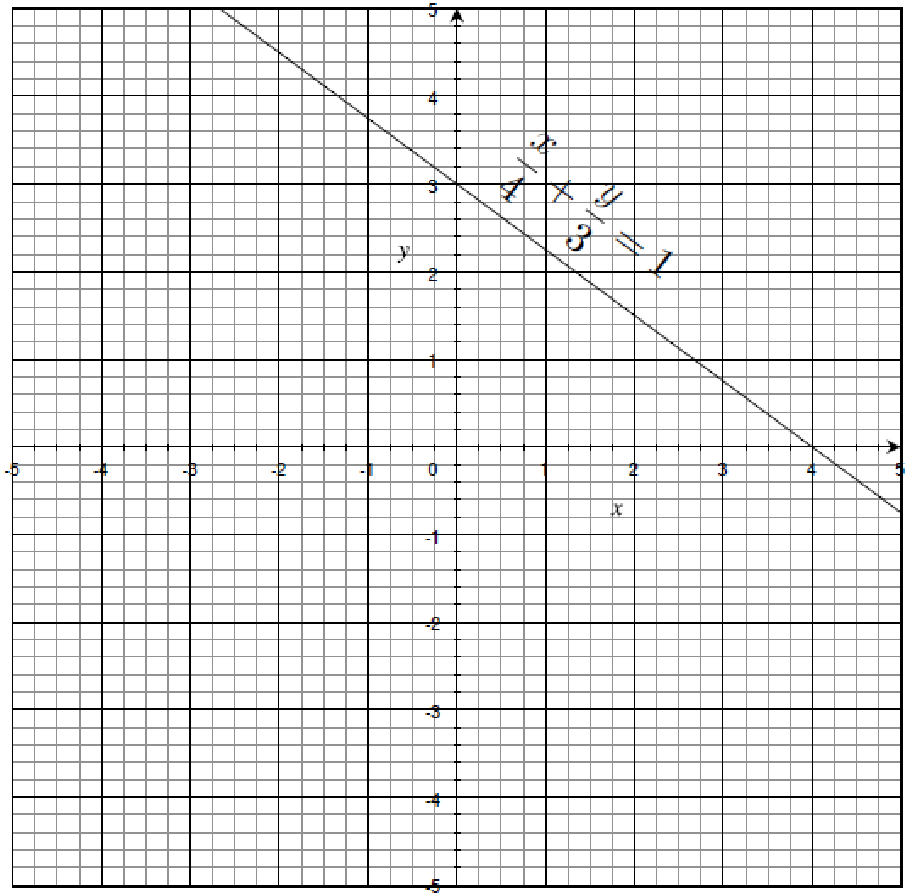


(Similar slope) $\dfrac{y-b}{x-0} = \dfrac{0-y}{a-x}$

$$ya + yx - ba + bx = -yx$$

$$ya + bx = ba$$

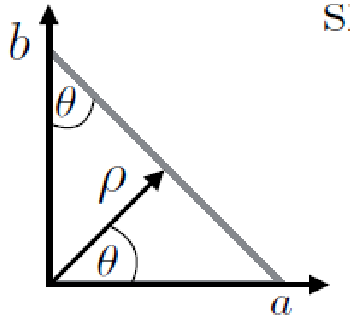
$$\frac{y}{b} + \frac{x}{a} = 1$$



선의 표현 (2): 극좌표계(Polar coordinate)

$$x \cos\theta + y \sin\theta = \rho$$

Derivation:

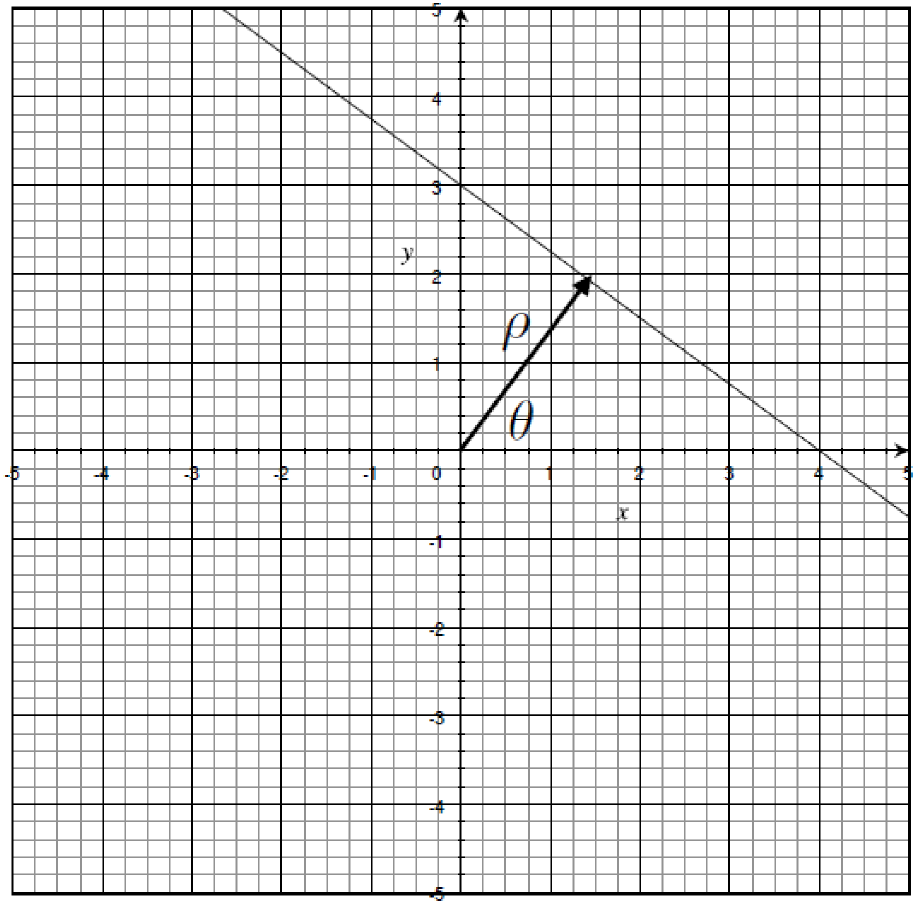


$$\cos\theta = \frac{\rho}{a} \rightarrow a = \frac{\rho}{\cos\theta}$$

$$\sin\theta = \frac{\rho}{b} \rightarrow b = \frac{\rho}{\sin\theta}$$

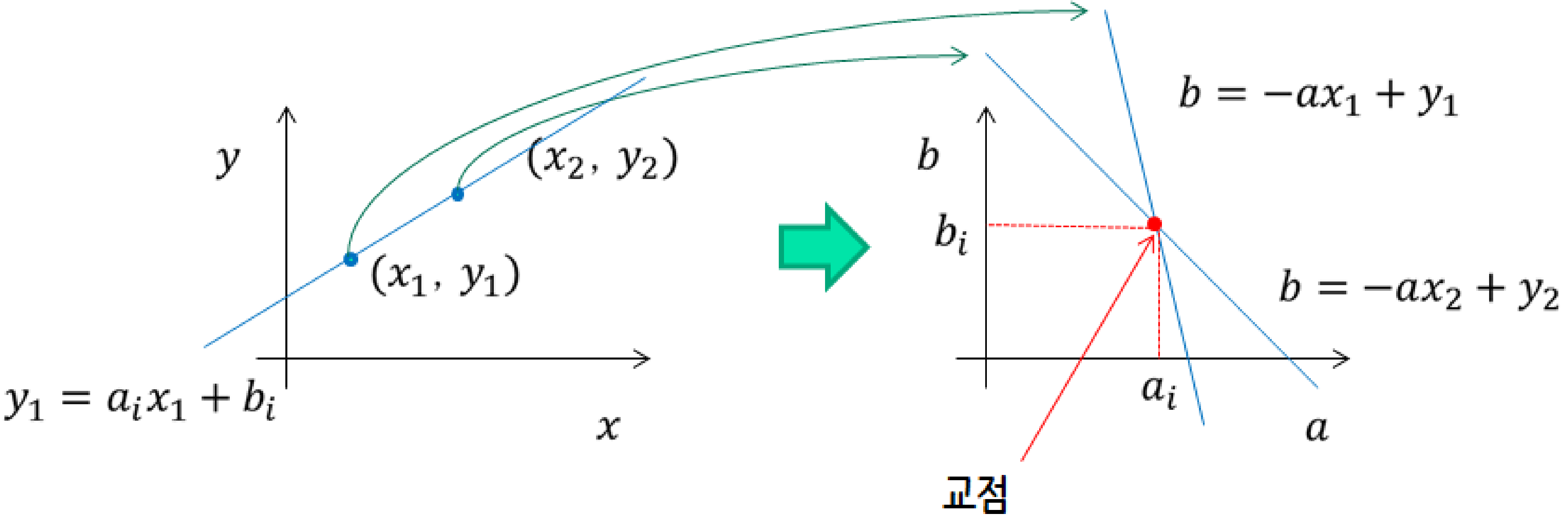
plug into: $\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1$

$$x \cos\theta + y \sin\theta = \rho$$



허프 변환(Hough transform)

- Image Space(영상 공간) → Parameter(매개변수 공간)
- 한 점 $(\boldsymbol{x_i}, \boldsymbol{y_i})$ 를 지나는 직선 $\boldsymbol{y_i = ax_i + b}$
- x, y 기준 축에서 a, b 기준 축으로 변환



허프 변환 예 (in Cartesian coordinate)

$(1, 0) \rightarrow b = -a$

$(1, 1) \rightarrow b = -a + 1$

$(2, 1) \rightarrow b = -2a + 1$

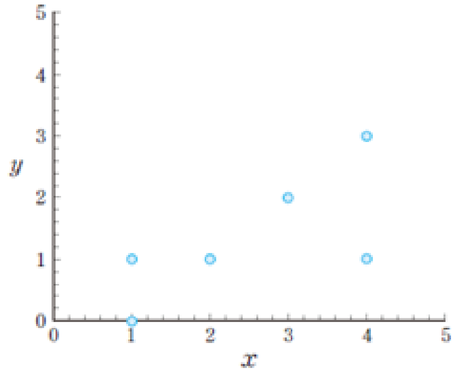
$(3, 2) \rightarrow b = -3a + 2$

$(4, 1) \rightarrow b = -4a + 1$

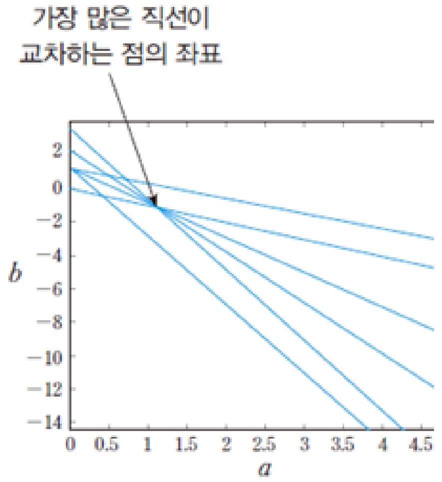
$(4, 3) \rightarrow b = -4a + 3$

$(x,\ y)$ 평면상의 점

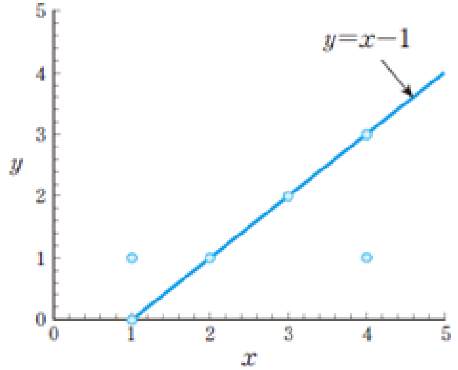
각 점을 지나는 $(a,\ b)$ 쌍



(a) $x-y$ 평면상의 점들



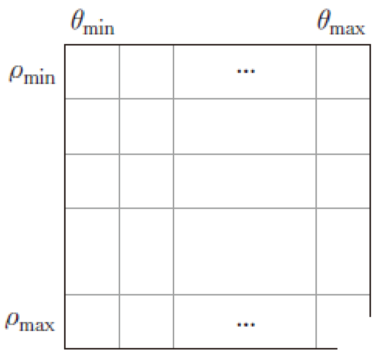
(b) $x-y$ 평면상의 각 점을 지나는 무
직선을 $x-y$ 평면상의 직선으로 변



(c) (b)로부터 얻은 기울기와 $y-$절편으로 찾은 직선의 방정식

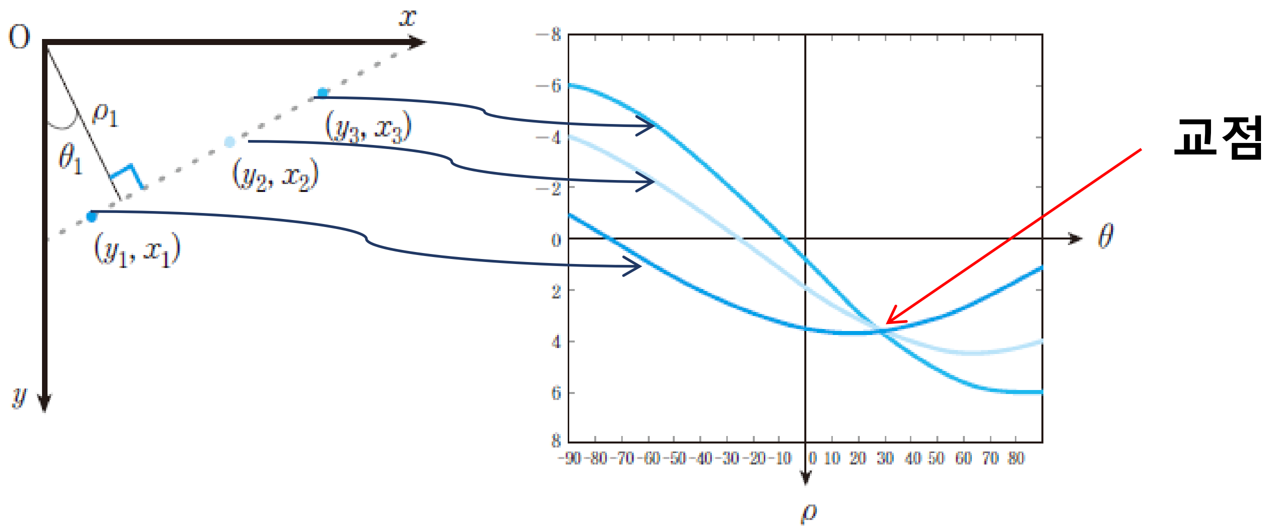
허프 변환 확장(in Polar coordinate)

- 직선의 식: $\boldsymbol{\rho = y\cos\theta + x\sin\theta}$
- 구현: 누적표 활용
  - $\boldsymbol{\rho}$: 1씩 증가
  - $\boldsymbol{\theta}$: 주어진 간격

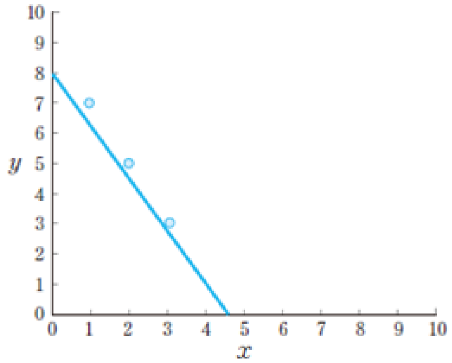


$\rho-\theta$ 평면 누적표, A

$x-y$ 공간을 $\rho-\theta$ 공간으로 매핑

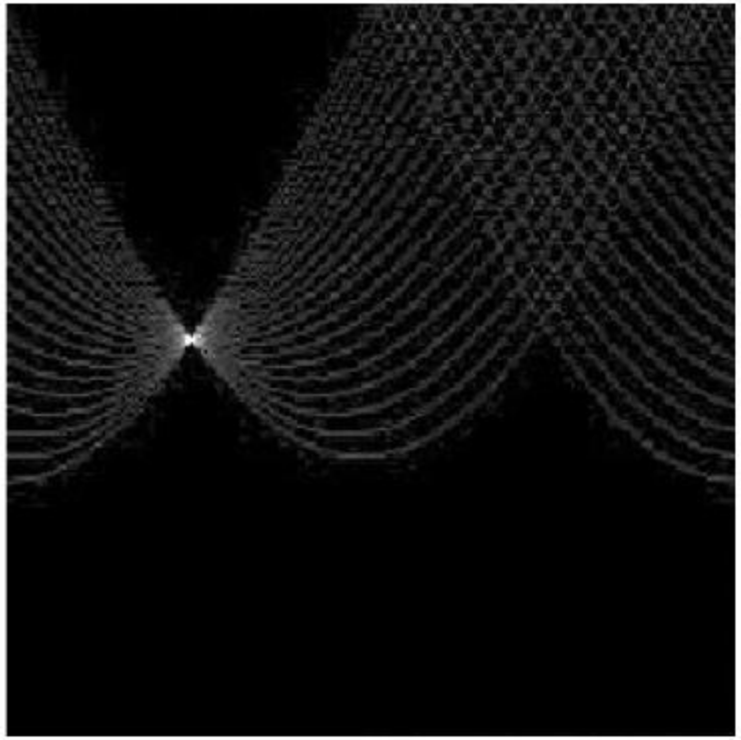


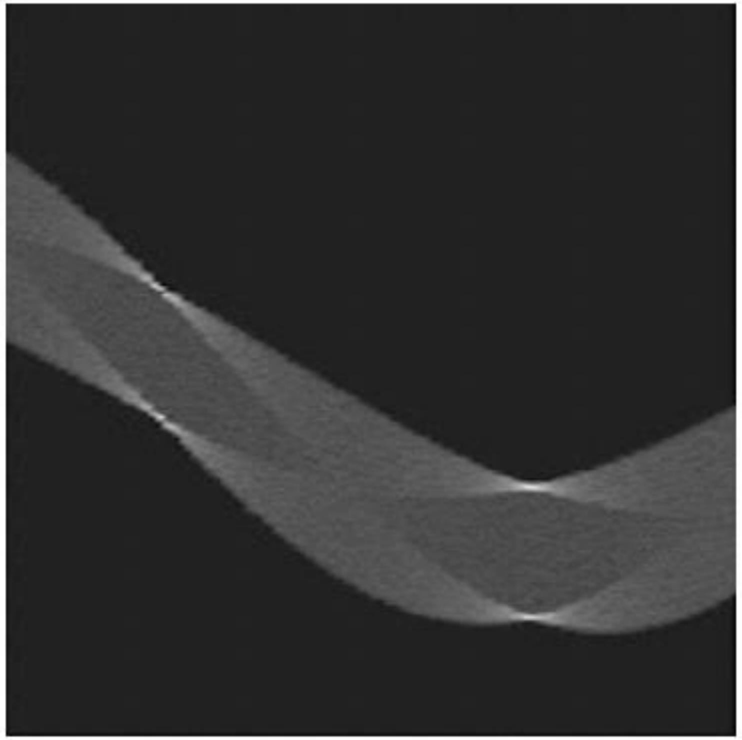
		ρ		
		$(x_1, y_1)=(1, 7)$	$(x_2, y_2)=(2, 5)$	$(x_3, y_3)=(3, 3)$
θ	−90	−1	−2	−3
	−60	3	1	−1
	−30	6	3	1
	0	7	5	3
	30	7	5	4
	60	4	4	4
	90	1	2	3

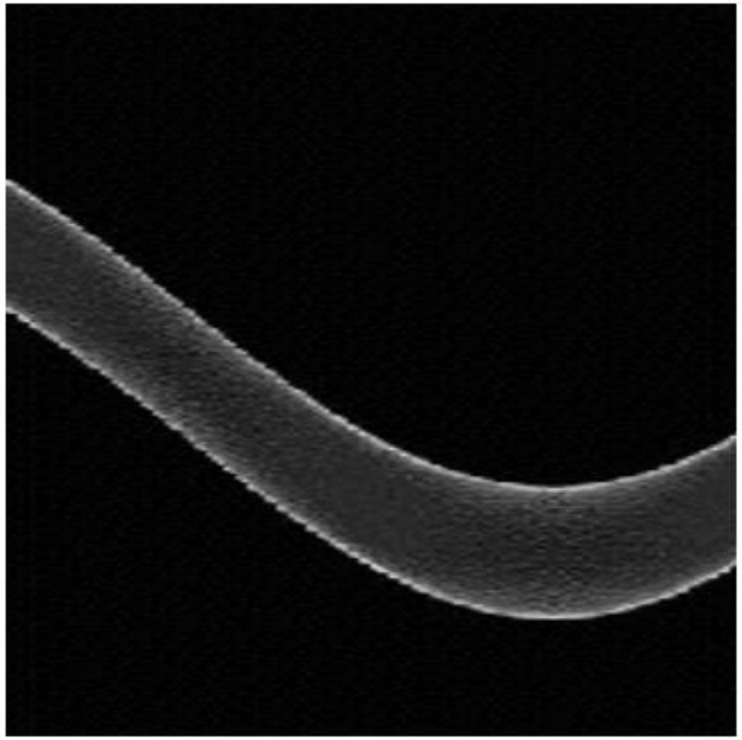


ρ \ θ	−90	−60	−30	0	30	60	90
−10	0	0	0	0	0	0	0
−9	0	0	0	0	0	0	0
−8	0	0	0	0	0	0	0
−7	0	0	0	0	0	0	0
−6	0	0	0	0	0	0	0
−5	0	0	0	0	0	0	0
−4	0	0	0	0	0	0	0
−3	1	0	0	0	0	0	0
−2	1	1	0	0	0	0	0
−1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	1
2	0	1	0	0	0	0	1
3	0	0	1	1	0	0	1
4	0	0	0	0	1	$\boxed{3}$	0
5	0	0	0	1	1	0	0
6	0	0	1	0	0	0	0
7	0	0	0	1	1	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0

허프 변환 시각화





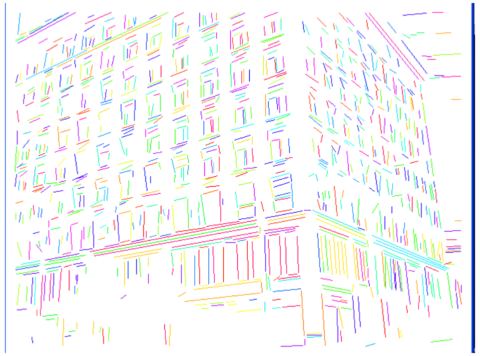


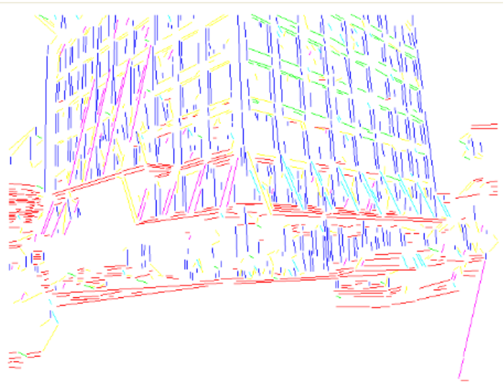
line rectangle circle

Edge Linking

- Model Fitting
  - 최소자승(Least squares) error 줄이기
  - $\boldsymbol{y = ax + b}$ 라 가정
  - $\boldsymbol{LSE = \sum_{i=1}^{n}(ax_i + b - y_i)^2}$ 줄이기
  - 최적의 a, b 계산

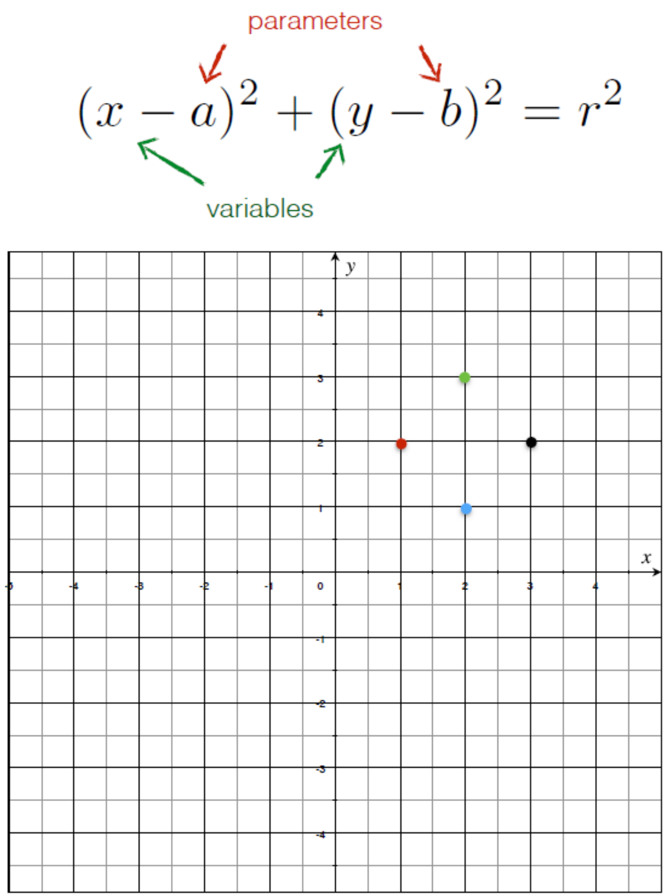
- Edge tracking
  - 새로운 모서리 구획(segment) 부터 시작
  - 그 구획 끝을 따라 꼭지점에서 분류
  - 다음 구획과의 각도와 길이 임계치 값 설정

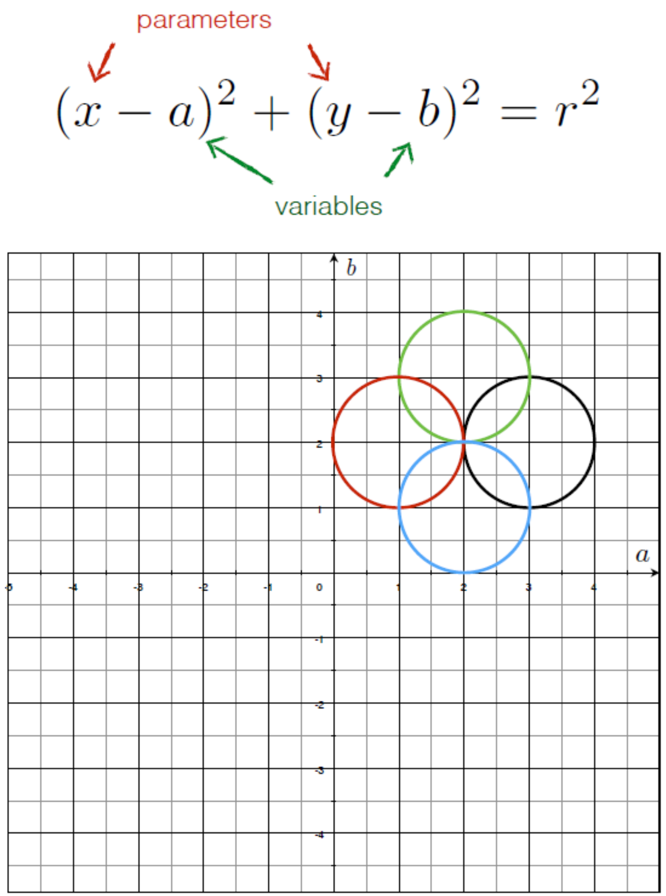




원에 대한 허프 변환

- $(x_i - a)^2 + (y_i - b)^2 = r^2$
- 반지름 (r) 이 정해졌다고 가정하면
- 점들 지나는 원 찾기
  - 1) 반지름을 가정
  - 2) 매개변수 공간 허프 변환
  - 3) 교차점 계산
  - 4) 교차점(중심)으로 하는 반지름 원 도출





7주: 영상분할(1)

3 이진화: 오츄 알고리즘

김 남 규 (ngkim@deu.ac.kr)

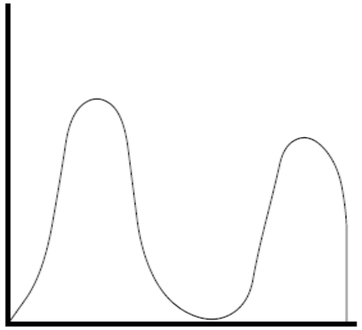
이진 영상(Binary image)

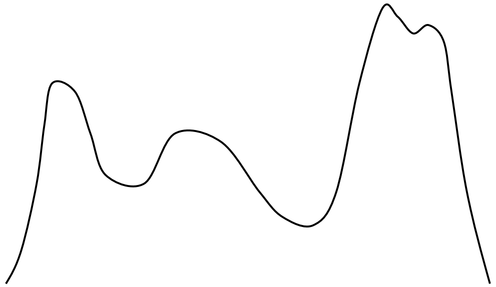
- 0과 1로 정의된 영상 : 0 은 배경(background), 1은 전경(foreground)
- 일반적인 영상 표현시 : 배경은 0 level, 전경 255 level

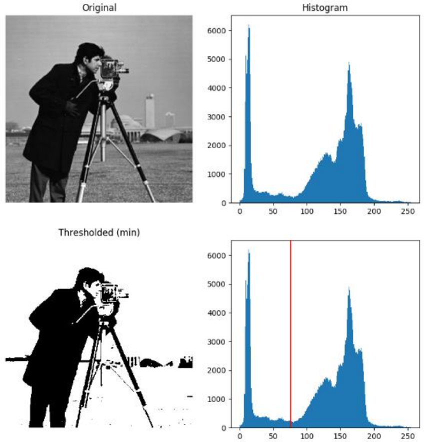
000100010001000
000111110001000
000100010001000

- 이진 영상은 임계화(thersholding)를 통해 얻음
  - 전경: 세기(intensity) 〉임계값(threshold value), 배경: 반대 조건

- 히스토그램의 분석: 구분화된 2개의 영역 도출 가능?

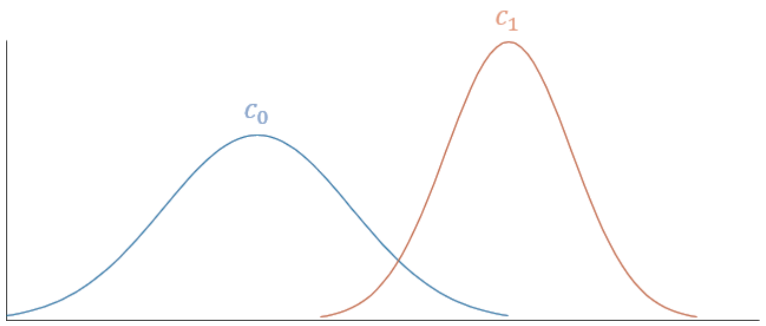






영상 이진화: 오츄(Otsu) 알고리즘

- 영상이 두 클래스($C0$, $C1$)의 밝기 값을 갖는다.
- 각 클래스가 다른 값으로 군집화 되었다고 가정
- 두 클래스를 나눌 수 있는 최적의 임계값 계산



- 클래스 내 분산 합 최소화: $\sigma_w^2(T^*) = min_{1\le T\le L}\sigma_w^2(T)$
  - T : 임계치, L : 밝기 레벨, μ_0, μ_1 : 각 클래스의 평균 값

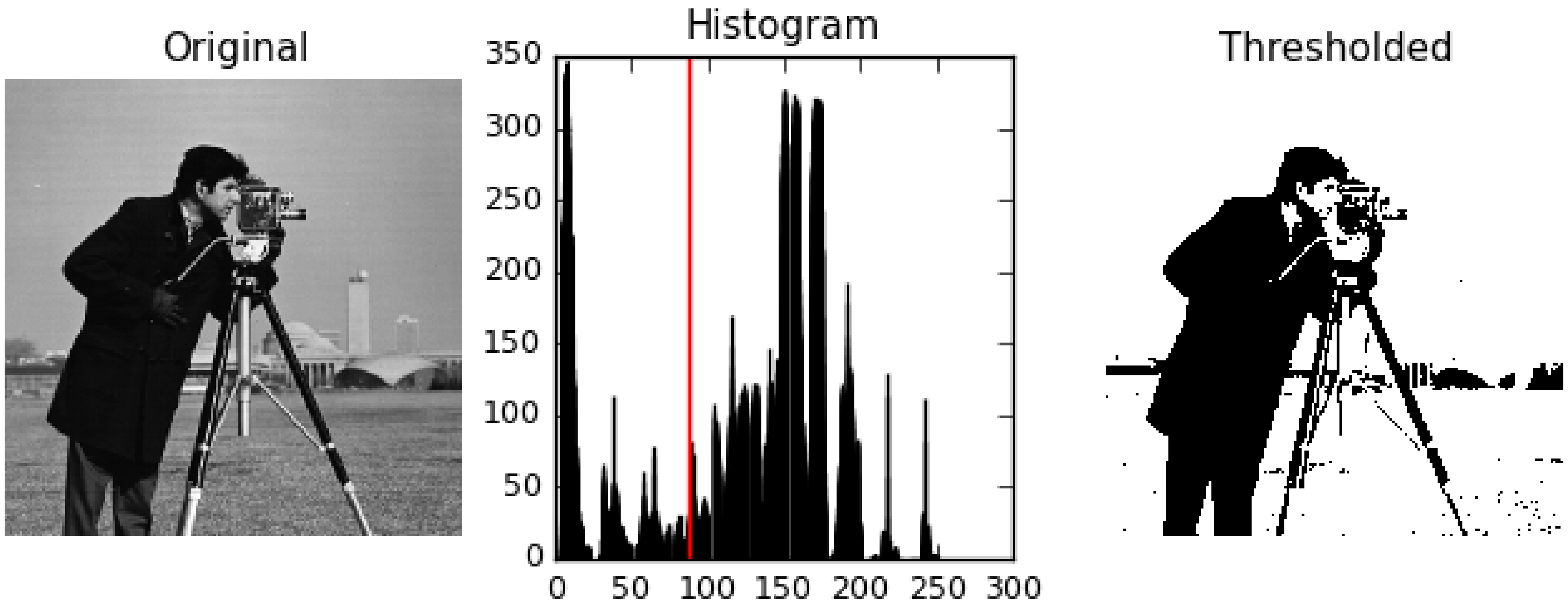
$$\sigma_w^2(T) = w_0(T)\sigma_0^2(T) + w_1(T)\sigma_1^2(T)$$

$$w_0(T) = \sum_{i=1}^{T-1} p(i) \Big/ \sum_{i=1}^{T} p(i) \qquad \sigma_0^2(T) = \sum_{i=1}^{T-1}(i-\mu_0)^2\frac{p(i)}{w_0} \qquad w_0 = \sum_{i=1}^{T-1} p(i)$$

$$w_1(T) = \sum_{i=\mathrm{T}}^{\mathrm{L}} p(i) \Big/ \sum_{i=1}^{T} p(i) \qquad \sigma_1^2(T) = \sum_{i=T}^{L}(i-\mu_1)^2\frac{p(i)}{w_1} \qquad w_1 = \sum_{i=T}^{L} p(i)$$

오츄 알고리즘 실행

- 영상의 모든 화소값들에 대한 히스토그램 생성
- 각각의 화소 값들에 대하여 가중치와 평균 계산
- 클래스 내 분산 계산
- 클래스 내 분산이 최대가 되는 임계값 찾기



7주차 : 끝

본 강의 자료의 내용 및 그림은 아래 책으로부터 발췌 되었음

- 파이썬으로 배우는 영상처리, Sandipan Dey 지음, 정성환 , 조보호 , 배종욱 옮김, 도서출판 홍릉, 2020년
- Digital Image Processing, 4th Ed., Rafael C . Gonzalez, Richard E. Woods 지음, Pearson, 2018년
- 컴퓨터 비전(Computer Vision) 기본 개념부터 최신 모바일 응용 예까지 IT CookBook, 오일석 지음, 한빛아카데미, 2014년

김 남 규 (ngkim@deu.ac.kr)