디지털영상처리II (2021학년도 2학기)

4주: 영상특징과 서술자(1)

김 남 규 (ngkim@deu.ac.kr)

4주: 영상특징과 서술자(1)

1 에지(Edge)

김 남 규 (ngkim@deu.ac.kr)

에지 모델

- 계단(step) 과 비탈(ramp)에서 나타남

(a) 에지 모델

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
2	2	2	2	6	6	6	6	5	4	3	2	2	2	(b) 디지털 영상 f
0	0	0	4	0	0	0	-1	-1	-1	-1	0	0	-	(c) f의 1차 도함수 f'
0	0	4	-4	0	0	0	-1	0	0	1	0	-	-	(d) f의 2차 도함수 f''

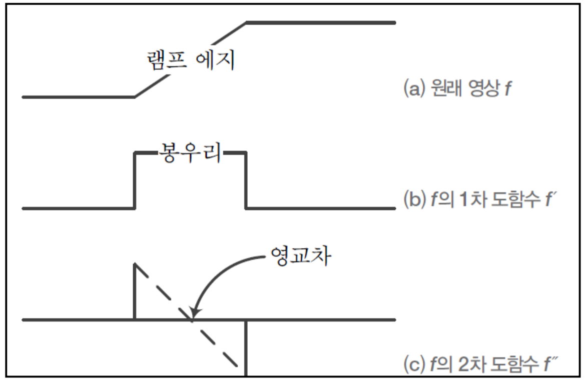
$$f'(x) = \frac{df}{dx} = \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x} = f(x+1) - f(x)$$

이에 해당하는 마스크 = | -1 | 1 |

$$f''(x) = \frac{d^2 f}{dx^2} = f'(x) - f'(x-1)$$
$$= (f(x+1) - f(x)) - (f(x) - f(x-1))$$
$$= f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$

이에 해당하는 마스크 = | 1 | -2 | 1 |

- 미분 연산자로 에지 검출 방법
  - 1차 미분에서 봉우리
  - 2차 미분에서 영교차(Zero-crossing)



에지 연산자

$$m_y=\begin{bmatrix}0&-1\\1&0\end{bmatrix}\quad m_x=\begin{bmatrix}-1&0\\0&1\end{bmatrix}$$

(a) 로버츠

$$m_y=\begin{bmatrix}-1&-1&-1\\0&0&0\\1&1&1\end{bmatrix}\quad m_x=\begin{bmatrix}-1&0&1\\-1&0&1\\-1&0&1\end{bmatrix}$$

(b) 프레윗

$$m_y=\begin{bmatrix}-1&-2&-1\\0&0&0\\1&2&1\end{bmatrix}\quad m_x=\begin{bmatrix}-1&0&1\\-2&0&2\\-1&0&1\end{bmatrix}$$

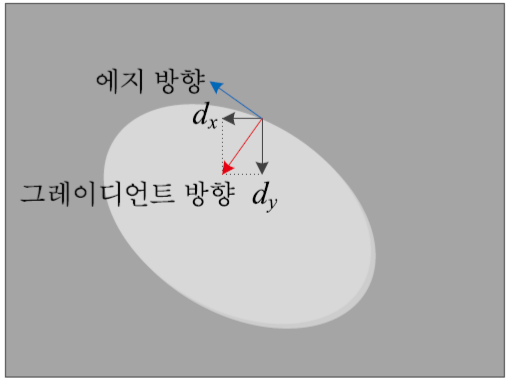
(c) 소벨

$$\text{Scharr-x}=\begin{bmatrix}+3&0&-3\\+10&0&-10\\+3&0&-3\end{bmatrix}\quad \text{Scharr-y}=\begin{bmatrix}+3&+10&+3\\0&0&0\\-3&-10&-3\end{bmatrix}$$

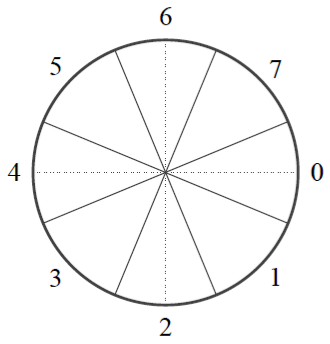
- 그레디언트(gradient) : 한점에서의 변화 방향 벡터, $\nabla f = \text{grad}(f) = \begin{bmatrix}g_x\\g_y\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\frac{\partial f}{\partial x}\\ \frac{\partial f}{\partial y}\end{bmatrix}$
- Gradient image: 벡터의 크기 및 방향으로 사상

$$\text{magnitude}(\nabla f) = \sqrt{{g_x}^2 + {g_y}^2}$$

$$\text{direction}(\nabla f) = artan\left(\frac{g_y}{g_x}\right)$$



(a) 에지 방향과 그레이디언트 방향



(b) 에지 방향의 양자화

소벨 에지 연산자 예

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	1	0
2	0	1	2	0	0	0	1	0
3	0	1	3	1	0	0	2	0
4	0	1	3	1	0	0	2	0
5	0	1	2	3	4	4	3	0
6	0	0	0	0	1	3	1	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0

$$d_y=(0\times1+0\times2+1\times1)+(3\times(-1)+1\times(-2)+0\times(-1))=-4$$

$$d_x=(0\times1+4\times2+1\times1)+(3\times(-1)+2\times(-2)+0\times(-1))=2$$

$$S(5,3)=((-4)^2+2^2)^{\frac{1}{2}}=4.47$$

$$D(5,3)=\arctan(-\frac{4}{2})=-63.4°$$

→ d_y와 d_x

→ 그레이디언트 방향

→ 에지 방향

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

m_y

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

m_x

그림 3-7 소벨 에지 검출 예

Laplacian operator

- 2차 미분 등방성 연산자: (등방성 = 회전 불변적, rotation invariant)

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$$

$$\nabla^2 f = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)$$

0	1	0
1	−4	1
0	1	0

1	1	1
1	−8	1
1	1	1

0	−1	0
−1	4	−1
0	−1	0

−1	−1	−1
−1	8	−1
−1	−1	−1

- 대각선 포함: $-8\, f(x, y)$

모서리 검출의 조절

원본 영상의
평균 필터 수행 후

a	b
c	d

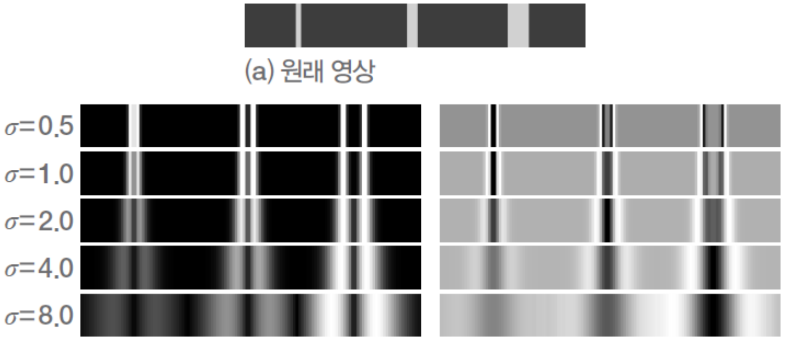
a) 원본 영상
b) sobel x-mask: gx
c) sobel y-mask: gy
d) |gx| + |gy|

상위 33% 값
Thresholding

Gaussian

- 미분에 의해 잡음이 증가되므로, 가우시안으로 블러링
- σ를 조절하여 에지의 세밀함 조절

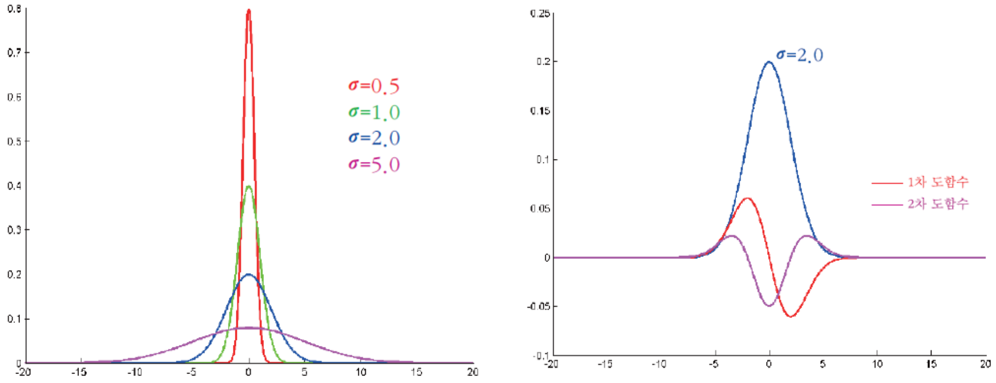
$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$



(a) 원래 영상

(b) 1차 미분

(c) 2차 미분



(a) σ에 따른 가우시안 함수

(b) 가우시안 함수의 미분

$$G(y,x) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{y^2+x^2}{2\sigma^2}}$$

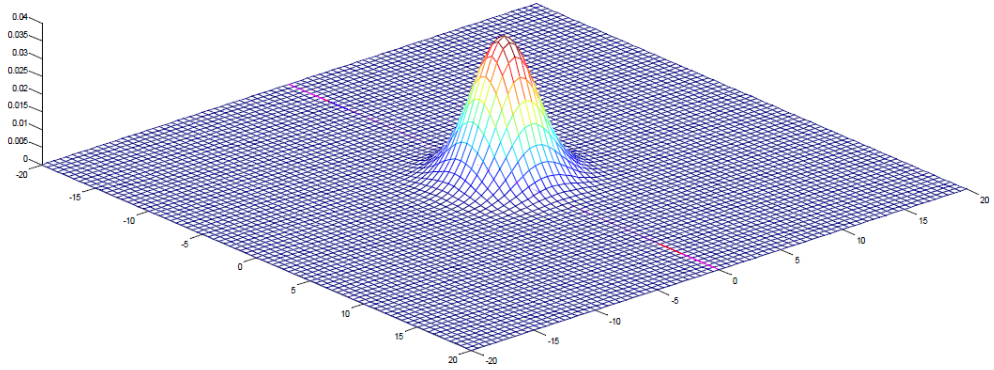


그림 3-12 2차원 가우시안 함수(σ=2.0)

- 이산 마스크로 구현

1/16

1	2	1
2	4	2
1	2	1

1/273

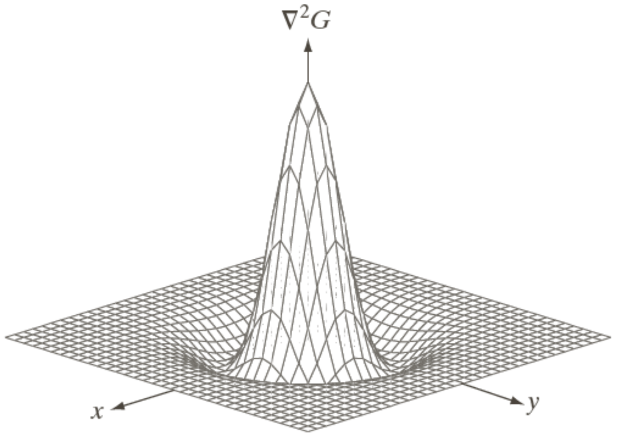
1	4	7	4	1
4	16	26	16	4
7	26	41	26	7
4	16	26	16	4
1	4	7	4	1

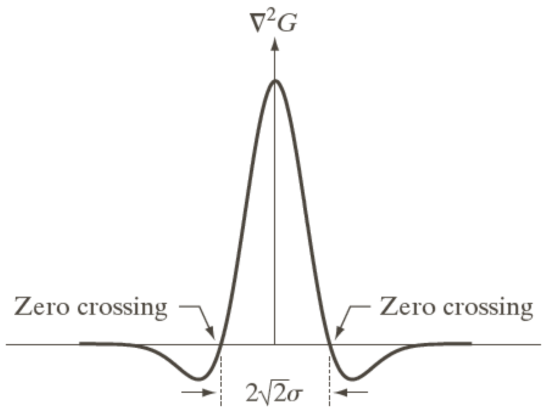
1/1003

0	0	1	2	1	0	0
0	3	13	22	13	3	0
1	13	59	97	59	13	1
2	22	97	159	97	22	2
1	13	59	97	59	13	1
0	3	13	22	13	3	0
0	0	1	2	1	0	0

LoG(Laplacian of Gaussian) 필터

- 잡음 감소 특성(Gaussian)과 영교차 특성(Laplacian)을 병합





0	0	−1	0	0
0	−1	−2	−1	0
−1	−2	16	−2	−1
0	−1	−2	−1	0
0	0	−1	0	0

$$G(x,y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}, \quad \sigma : \text{space constant.}$$

Laplacian of Gaussian (LoG)

$$\nabla^2 G(x,y) = \frac{\partial^2 G(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 G(x,y)}{\partial y^2}$$

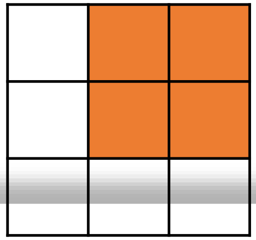
$$= \frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{-x}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}\right] + \frac{\partial}{\partial y}\left[\frac{-y}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}\right]$$

$$= \left[\frac{x^2}{\sigma^4} - \frac{1}{\sigma^2}\right] e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} + \left[\frac{y^2}{\sigma^4} - \frac{1}{\sigma^2}\right] e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

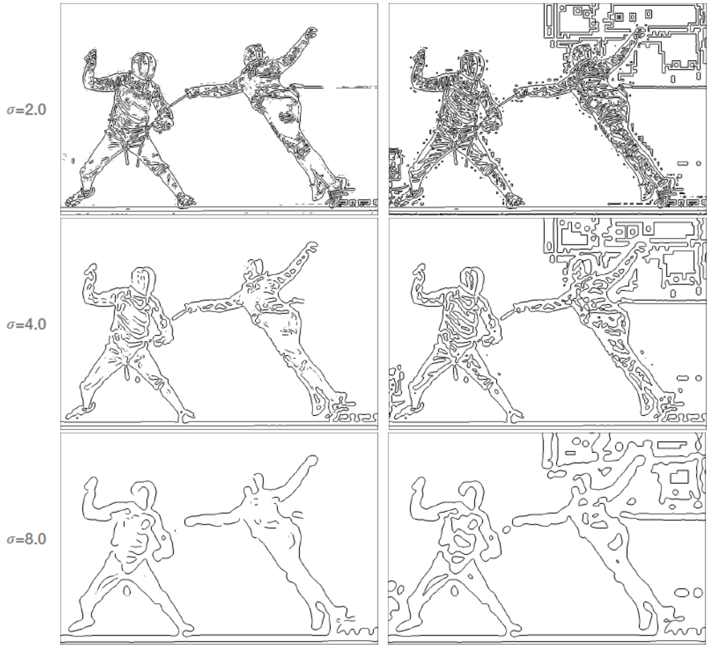
$$= \left[\frac{x^2+y^2-\sigma^2}{\sigma^4}\right] e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

Marr-Hildreth 에지 검출 알고리즘

- LoG 기반
- Zero-crossing 검출
  - 여덟 개의 이웃이 서로 다른 부호를 갖는다
  - 부호가 다른 쌍의 값 차이가 임계값을 넘는다



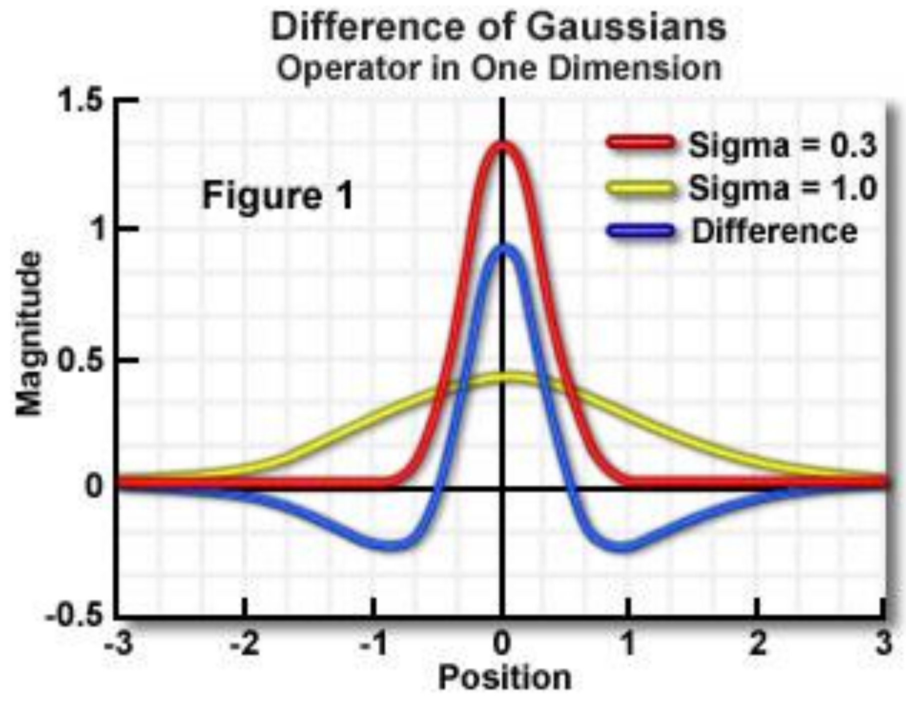
0.4038	1.2058	1.2058	0.4038	0	0.4038	0.8021	0.4038
1.2058	-2.4116	-2.0133	1.6096	0	1.2058	-4.0212	1.2058
1.6096	-0.0000	-4.4250	4.0212	0.4038	2.0133	-2.4171	2.0133
1.6096	1.2058	-7.6441	0.4038	1.2058	2.8154	-7.2404	2.8154
1.6096	1.2058	-6.4328	4.4250	7.2404	8.4462	-4.0212	3.6229
1.2058	-1.2058	-3.2246	-7.2404	-11.2616	-9.6574	-7.6441	3.6175
0.4038	1.6096	3.2191	5.6308	3.6175	-6.8311	1.6041	2.0133
0	0	0	0.4038	2.0133	3.2137	2.0133	0.4038



(a) T=최대×0.05 (b) T=0

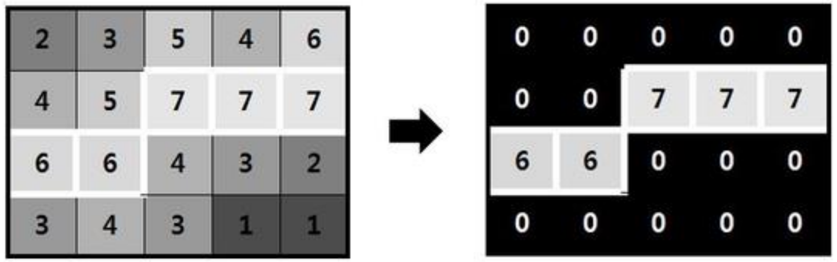
DoG (Difference of Gaussian)

- 두 가우시안 차이로 필터링
- 일반적으로 low = σ, high = $1.6 * \sigma$
- Zero-crossing 으로 검출

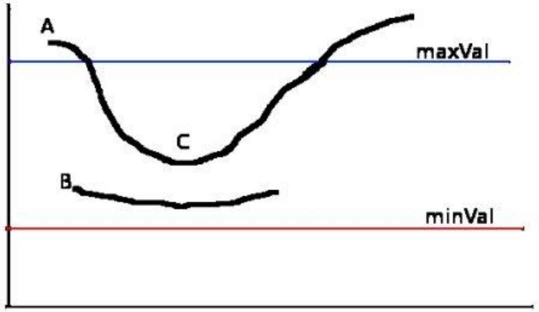


Canny Edge Detector

- Smoothing: Gaussian 필터 사용
- Gradient computing: Gradient 크기와 방향 계산
- Non-maxima suppression(비최대치 억압/버리기)
  - 모서리를 정확하고 가늘게 만들기
  - gradient 방향으로 2개의 이웃 픽셀에 관하여 zero-out 실행
- Hysteresis thresholding(이력 임계화)
  - 모서리로 구분된 픽셀이 실제로 모서리인지를 결정
  - 임계치: min, max 사이에서 값 사이에서 연결성을 찾음
    - A: 모서리 확정
    - C: 임계치 사이에 존재하고 A와 연결(모서리O)
    - B: 임계치 사이에 존재하나 비연결(모서리X)
  - 임계치 설정이 중요



Non-maxima suppression 예



4주: 영상특징과 서술자(1)

2 특징 서술자(feature descriptor)

김 남 규 (ngkim@deu.ac.kr)

특징 검출(feature detection)

- 영상에서 무엇을 특징점(feature)로 쓸것인가?
  - 예) 에지 : 다른 영상 간의 대응하기에는 부족
- 특징점: 다른곳과 두드러지게 달라 풍부한 정보를 추출 가능한 곳
  - 80~90년대: 코너 검출
  - 2000년대 이후 : 지역 특징(local feature)으로 방향 선회
    - 예) 위치, 크기, 방향, 여러 특징 벡터 등

Translate

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & T_x \\ 0 & 1 & T_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Rotate

$$\begin{bmatrix} \cos(\Theta) & -\sin(\Theta) & 0 \\ \sin(\Theta) & \cos(\Theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Scale

$$\begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

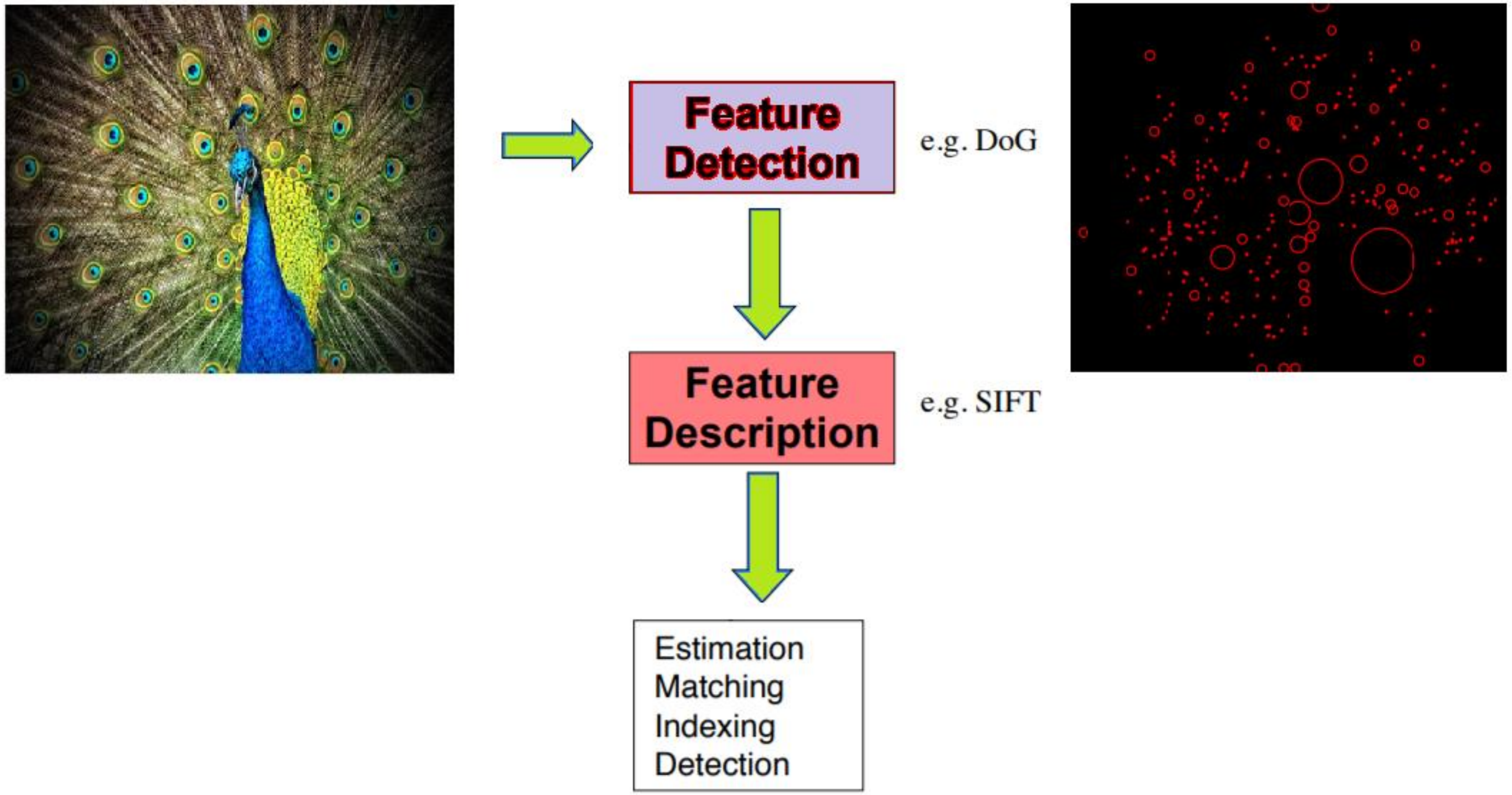
Shear

$$\begin{bmatrix} 1 & Sh_x & 0 \\ Sh_y & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- 지역 특징의 속성(photometric properties)
  - 반복적이어야 함(영상들에서 동일한 점이 독립적으로 존재)
  - 이동/회전/크기(어파인/아핀 변환, affine transformation 에 불변)
  - 조명 변화/잡음/블러링/폐색(occulusion)에 견고해야 함
  - 관심있는 구조(독특성)가 있어야 함

특징 검출기과 특징 서술자

- Feature detection/detector, feature extraction, feature description/descriptor



Python Opencv 설치

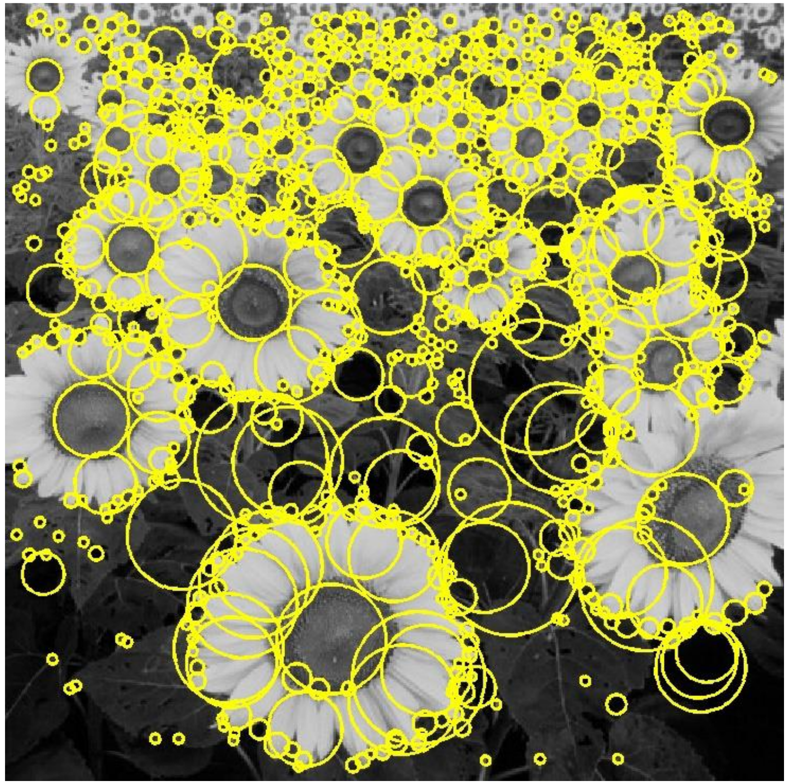
- Anaconda prompt shell

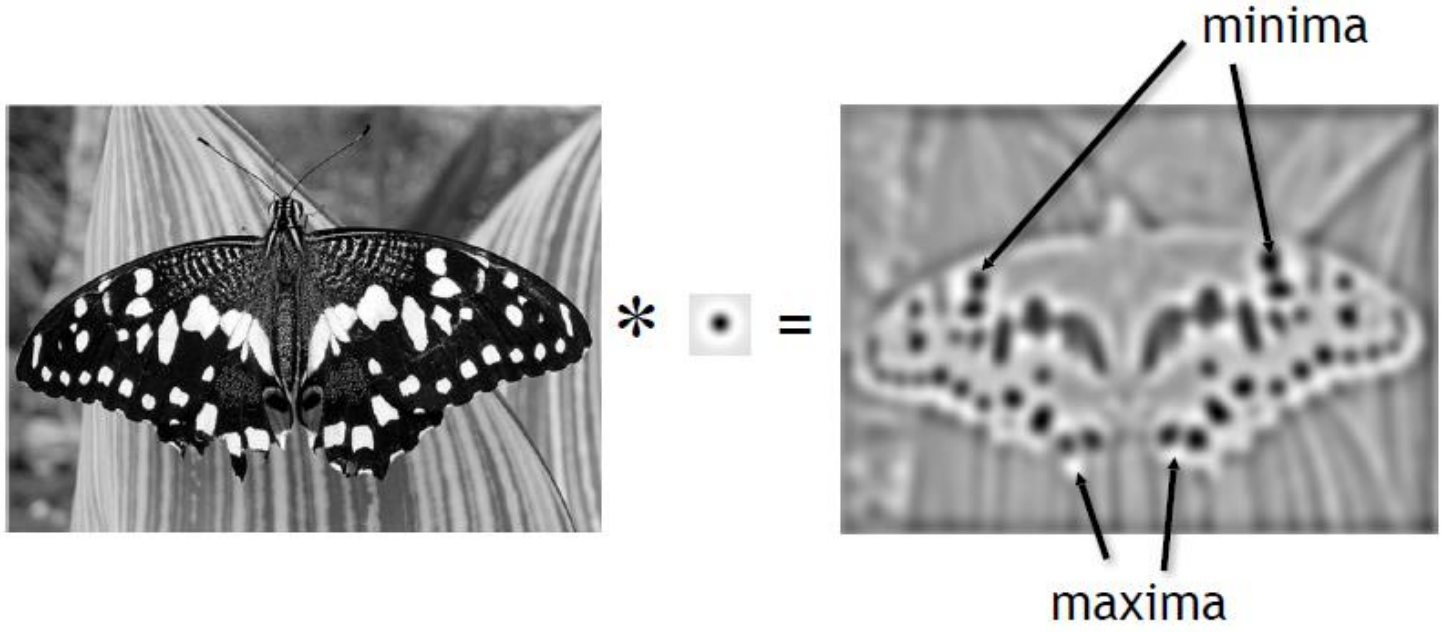
  - pip install opencv-python
  - pip install opencv-contrib-python

```
import cv2
import numpy as np
from matplotlib import pylab as pylab

from skimage.io import imread
from skimage.color import rgb2gray
from skimage.feature import corner_harris, corner_subpix, corner_peaks
from skimage.transform import warp, AffineTransform

from skimage.util import img_as_float
from skimage.exposure import rescale_intensity
from skimage.measure import ransac
```

Blob Detector

- Blob: 색상의 분포나 특성이 균일하게 둘러싸인 영역
- 접근방법: Blob filter와의 convolution에서 반응하는 극대치를 찾자

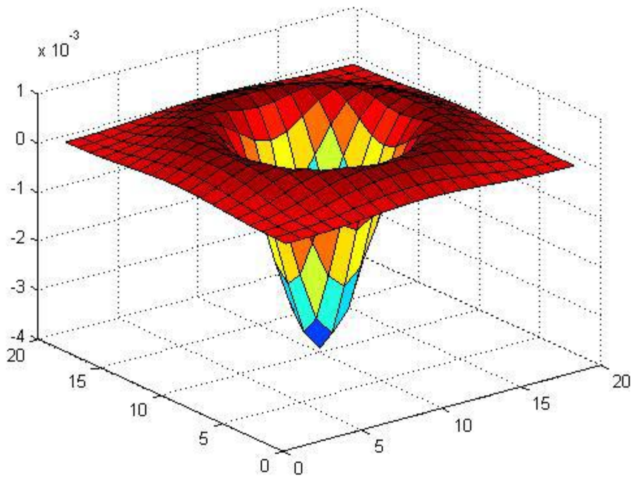


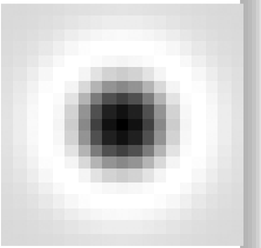


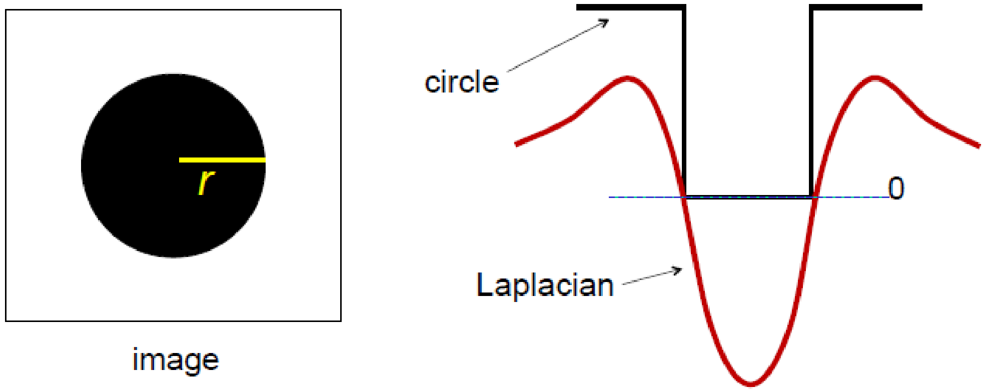
Blob filter: LoG (Laplacian of Gaussian)

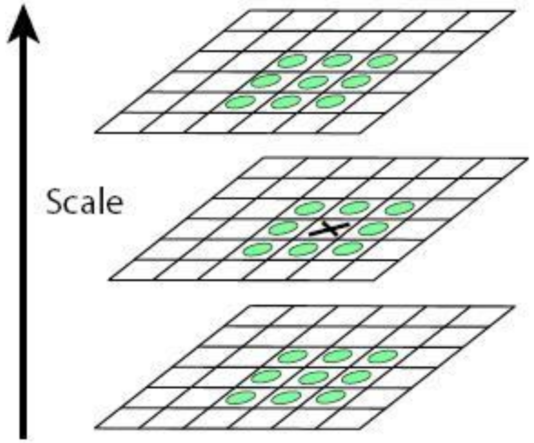
$$\nabla^2 g = \frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial y^2}$$

- Scale: 주어진 크기별 LoG 수행 : $\sigma = r/\sqrt{2}$





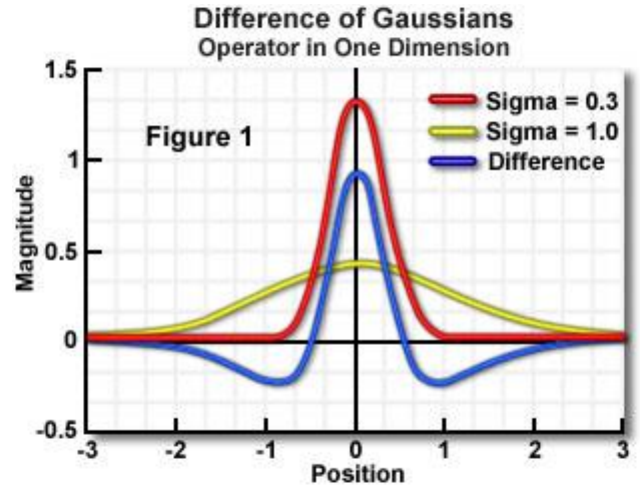




Blob Filter+

- DoG: Difference of Gaussian

$$\Gamma_{\sigma,K\sigma}(x,y) = I * \left(\frac{1}{2\pi\sigma^2}e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} - \frac{1}{2\pi K^2\sigma^2}e^{-\frac{x^2+y^2}{2K^2\sigma^2}}\right)$$



- DoH: determinant of the Hessian

$$\mathbf{H}_f = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1\,\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1\,\partial x_n} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_2\,\partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2^2} & \cdots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2\,\partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_n\,\partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n\,\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n^2} \end{bmatrix},$$

In the case of a 2 × 2 matrix the determinant can be defined as

$$|A| = \begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} = ad - bc.$$

Similarly, for a 3 × 3 matrix A, its determinant is

$$|A| = \begin{vmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{vmatrix} = a\begin{vmatrix} e & f \\ h & i \end{vmatrix} - b\begin{vmatrix} d & f \\ g & i \end{vmatrix} + c\begin{vmatrix} d & e \\ g & h \end{vmatrix}$$

$$= aei + bfg + cdh - ceg - bdi - afh.$$

4주차 : 영상특징과 서술자 (2)

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)