

영상의 특징 추출

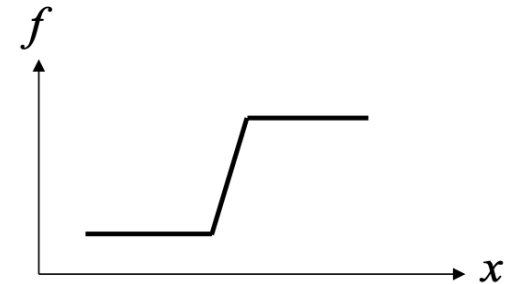
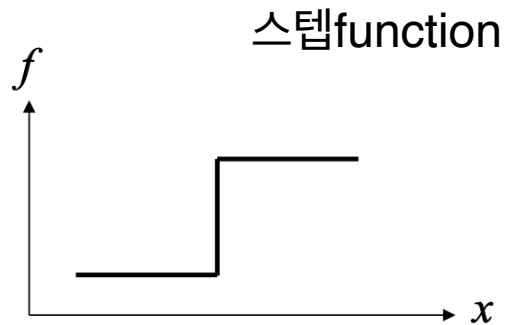
학습목표

- 에지의 검출과 미분
- 그래디언트와 에지 검출
- 캐니 에지 검출

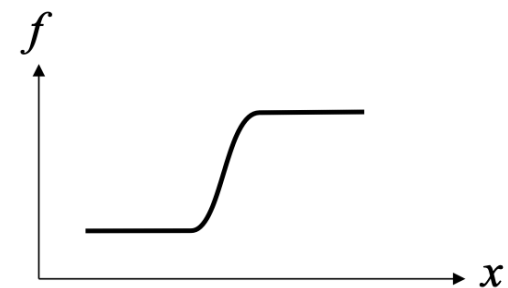
에지 검출과 미분

■ 에지(edge)

- 영상에서 픽셀의 밝기 값이 급격하게 변하는 부분
- 일반적으로 배경과 객체, 또는 객체와 객체의 경계



노이즈



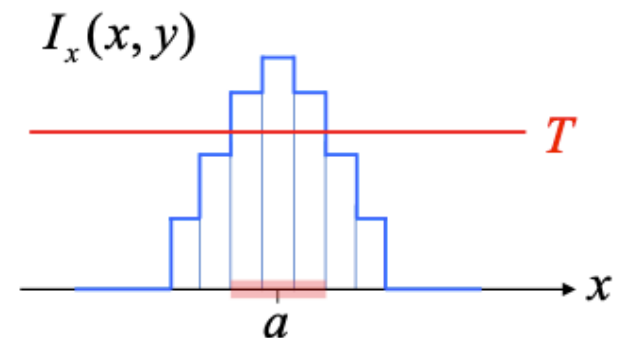
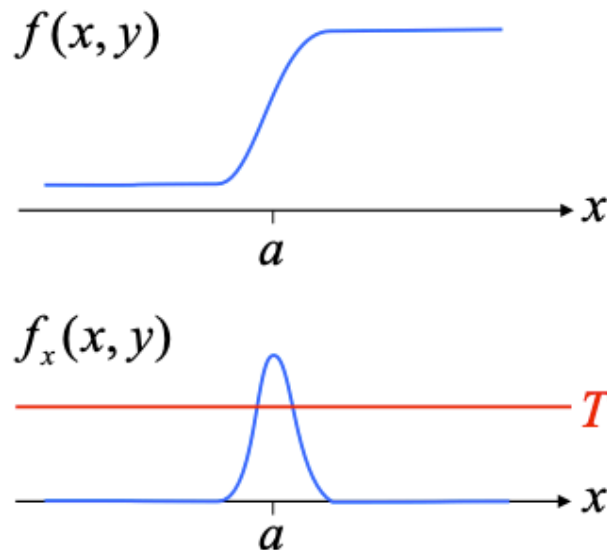
가우시언 블러

에지 검출과 미분

■ 기본적인 에지 검출 방법

- 영상을 (x, y) 변수의 함수로 간주했을 때, 이 함수의 1차 미분(1st derivative) 값이 크게 나타나는 부분을 검출

변화율, 순간변화율



$\frac{df}{dx}$

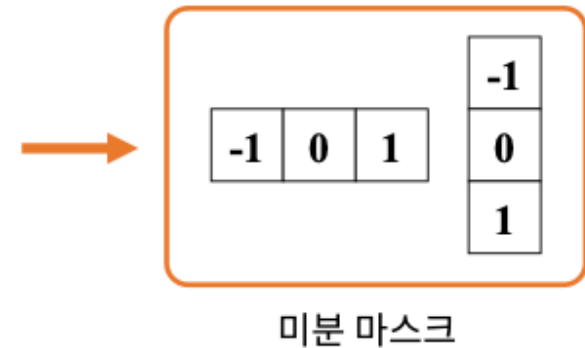
미분

영상의 미분과 소벨 필터

■ 1차 미분의 근사화(approximation)

- 전진 차분
(Forward difference):
- 후진 차분
(Backward difference):

- ✓ • 중앙 차분
(Centered difference):



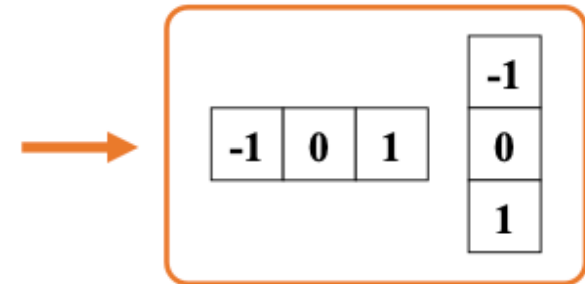
영상의 미분과 소벨 필터

▪ 1차 미분의 근사화(approximation)

- 전진 차분
(Forward difference): $\frac{\partial I}{\partial x} \cong \frac{I(x+h) - I(x)}{h}$

- 후진 차분
(Backward difference): $\frac{\partial I}{\partial x} \cong \frac{I(x) - I(x-h)}{h}$

- ✓ • 중앙 차분
(Centered difference): $\frac{\partial I}{\partial x} \cong \frac{I(x+h) - I(x-h)}{2h}$



미분 마스크

영상의 미분과 소벨 필터

▪ 다양한 미분 마스크

가로 방향:

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

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

-3	0	3
-10	0	10
-3	0	3

세로 방향:

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

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

-3	-10	-3
0	0	0
3	10	3

Prewitt



Sobel

Scharr 샤르

영상의 미분과 소벨 필터

■ 소벨 필터를 이용한 미분 함수

```
cv2.Sobel(src, ddepth, dx, dy, dst=None, ksize=None, scale=None,  
          delta=None, borderType=None) -> dst
```

- src: 입력 영상
- ddepth: 출력 영상 데이터 타입. -1이면 입력 영상과 같은 데이터 타입을 사용.
- dx: x 방향 미분 차수.
- dy: y 방향 미분 차수.
- dst: 출력 영상(행렬)
- ksize: 커널 크기. 기본값은 3.
- scale: 연산 결과에 추가적으로 곱할 값. 기본값은 1.
- delta: 연산 결과에 추가적으로 더할 값. 기본값은 0.
- borderType: 가장자리 픽셀 확장 방식. 기본값은 cv2.BORDER_DEFAULT.

대부분 dx=1, dy=0, ksize=3 또는
dx=0, dy=1, ksize=3 으로 지정.

영상의 미분과 소벨 필터

■ 샤르 필터를 이용한 미분 함수

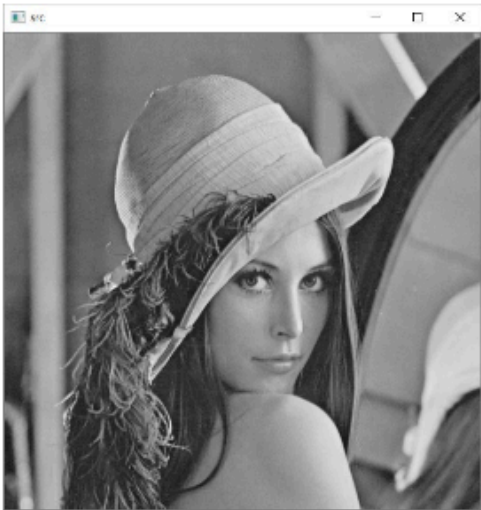
```
cv2.Scharr(src, ddepth, dx, dy, dst=None, scale=None, delta=None,  
           borderType=None) -> dst
```

- src: 입력 영상
- ddepth: 출력 영상 데이터 타입. -1이면 입력 영상과 같은 데이터 타입을 사용.
- dx: x 방향 미분 차수.
- dy: y 방향 미분 차수.
- dst: 출력 영상(행렬)
- scale: 연산 결과에 추가적으로 곱할 값. 기본값은 1.
- delta: 연산 결과에 추가적으로 더할 값. 기본값은 0.
- borderType: 가장자리 픽셀 확장 방식. 기본값은 cv2.BORDER_DEFAULT.

영상의 미분과 소벨 필터

■ 소벨 필터를 이용한 영상의 미분 예제


```
src = cv2.imread('lenna.bmp', cv2.IMREAD_GRAYSCALE)  
  
dx = cv2.Sobel(src, -1, 1, 0, delta=128)  
dy = cv2.Sobel(src, -1, 0, 1, delta=128)
```



영상의 특징 추출

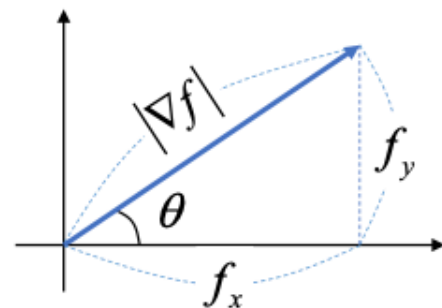
2) 그래디언트와 에지 검출

그래디언트

- 영상의 그래디언트(gradient) 
 - 함수 $f(x, y)$ 를 x 축과 y 축으로 각각 편미분(partial derivative)하여 벡터 형태로 표현한 것

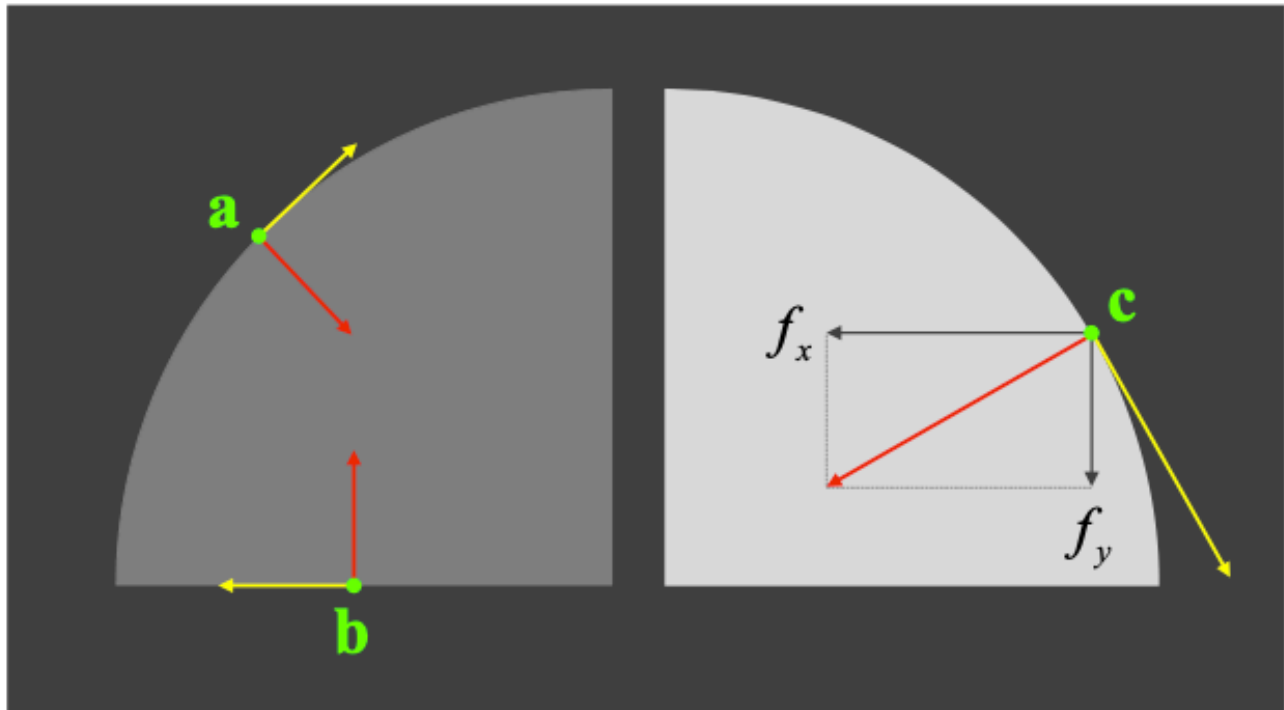
$$\nabla f = \begin{bmatrix} f_x \\ f_y \end{bmatrix} = f_x \mathbf{i} + f_y \mathbf{j}$$

- 그래디언트 크기: $|\nabla f| = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$
- 그래디언트 방향: $\theta = \tan^{-1} \left(\frac{f_y}{f_x} \right)$



그래디언트

- 실제 영상에서 구한 그래디언트 크기와 방향
 - 그래디언트 크기: 픽셀 값의 차이 정도, 변화량
 - 그래디언트 방향: 픽셀 값이 가장 급격하게 증가하는 방향



그래디언트

▪ 2D 벡터의 크기 계산 함수



```
cv2.magnitude(x, y, magnitude=None) -> magnitude
```

- x: 2D 벡터의 x 좌표 행렬. 실수형.
- y: 2D 벡터의 y 좌표 행렬. x와 같은 크기. 실수형.
- magnitude: 2D 벡터의 크기 행렬. x와 같은 크기, 같은 타입.
$$\text{magnitude}(I) = \sqrt{x(I)^2 + y(I)^2}$$

그래디언트

■ 2D 벡터의 방향 계산 함수

```
cv2.phase(x, y, angle=None, angleInDegrees=None) -> angle
```

- x: 2D 벡터의 x 좌표 행렬. 실수형.
- y: 2D 벡터의 y 좌표 행렬. x와 같은 크기. 실수형.
- angle: 2D 벡터의 크기 행렬. x와 같은 크기, 같은 타입.
 $\text{angle}(I) = \text{atan2}(y(I), x(I))$
만약 $x(I)=y(I)=0$ 이면 angle은 0으로 설정됨.
- angleInDegrees: True이면 각도 단위, False이면 라디언 단위.

그라디언트와 에지 검출

■ 소벨 필터를 이용한 에지 검출 예제

```
src = cv2.imread('lenna.bmp', cv2.IMREAD_GRAYSCALE)

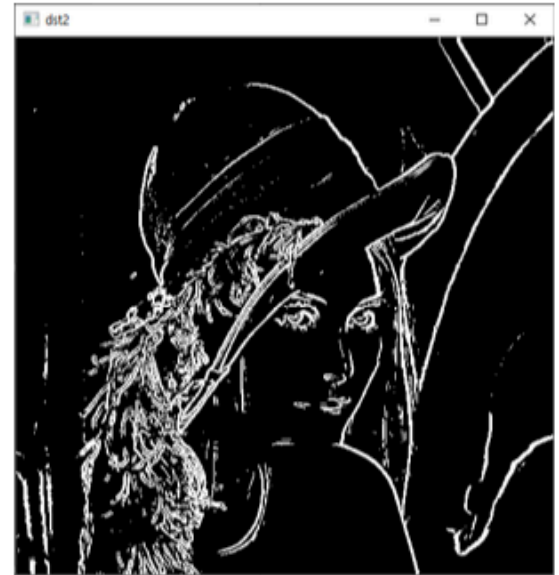
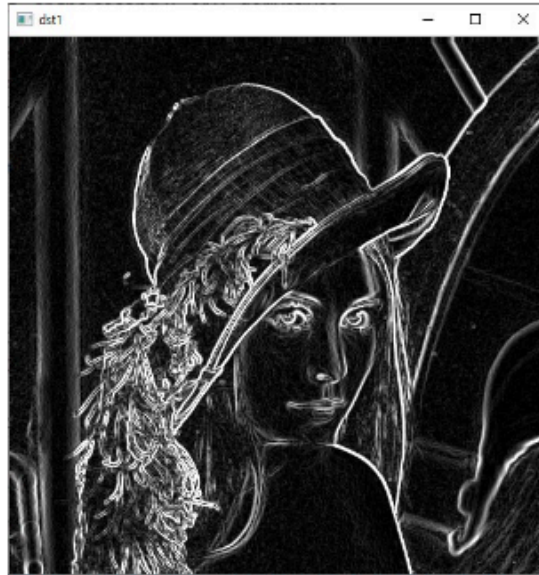
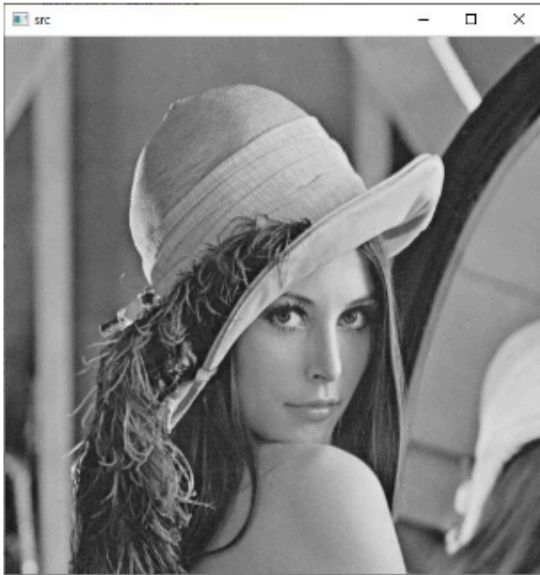
dx = cv2.Sobel(src, cv2.CV_32F, 1, 0)
dy = cv2.Sobel(src, cv2.CV_32F, 0, 1)

mag = cv2.magnitude(dx, dy)
mag = np.clip(mag, 0, 255).astype(np.uint8)

dst = np.zeros(src.shape[:2], np.uint8)
dst[mag > 120] = 255
#_, dst = cv2.threshold(mag, 120, 255, cv2.THRESH_BINARY)
```


그래디언트와 에지 검출

- 소벨 필터를 이용한 에지 검출 예제 실행 결과



영상의 특징 추출

3) 캐니 에지 검출

캐니 에지 검출

■ 좋은 에지 검출기의 조건 (J. Canny)

- **정확한 검출(Good detection):** 에지가 아닌 점을 에지로 찾거나 또는 에지인데 에지로 찾지 못하는 확률을 최소화
- **정확한 위치(Good localization):** 실제 에지의 중심을 검출
- **단일 에지(Single edge):** 하나의 에지는 하나의 점으로 표현

캐니 에지 검출

- 캐니 에지 검출 1단계

- 가우시안 필터링
 - (Optional) 잡음 제거 목적

$$G_{\sigma}(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$



캐니 에지 검출

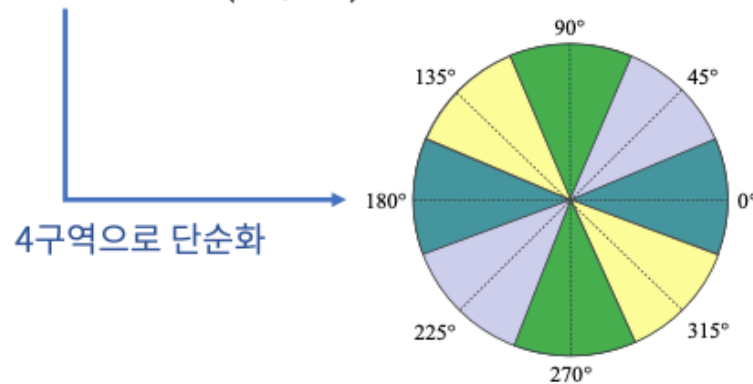
■ 캐니 에지 검출 2단계

• 그래디언트 계산

- 주로 소벨 마스크를 사용

- 크기: $\|f\| = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$

- 방향: $\theta = \tan^{-1}(f_y/f_x)$



가우시안 필터링

그래디언트 계산
(크기 & 방향)

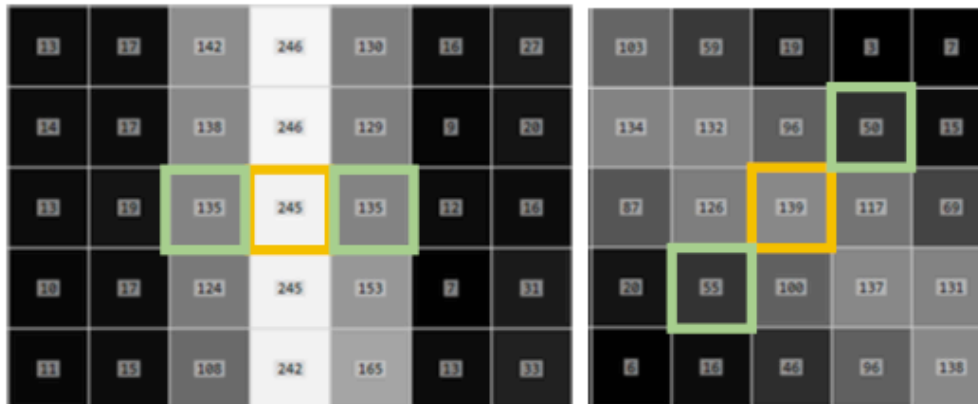
비최대 억제

이중 임계값을 이용한
히스테리시스 에지 트래킹

캐니 에지 검출

■ 캐니 에지 검출 3단계

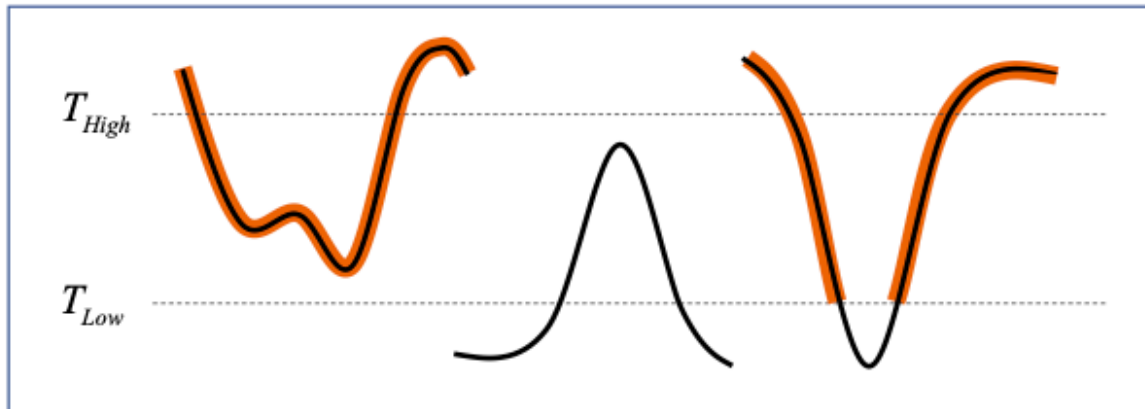
- 비최대 억제 (Non-maximum suppression)
 - 하나의 에지가 여러 개의 픽셀로 표현되는 현상을 없애기 위하여 그래디언트 크기가 국지적 최대 (local maximum)인 픽셀만을 에지 픽셀로 설정
 - 그래디언트 방향에 위치한 두 개의 픽셀을 조사하여 국지적 최대를 검사



캐니 에지 검출

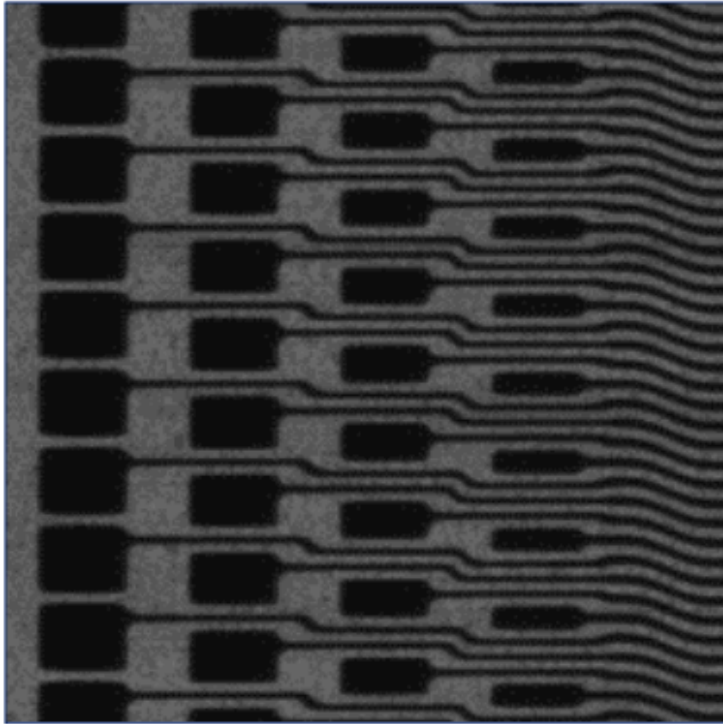
■ 캐니 에지 검출 4단계

- 히스테리시스 에지 트래킹 (Hysteresis edge tracking)
 - 두 개의 임계값을 사용: T_{Low} , T_{High}
 - 강한 에지: $\|f\| \geq T_{High} \rightarrow$ 최종 에지로 선정
 - 약한 에지: $T_{Low} \leq \|f\| < T_{High}$
 \rightarrow 강한 에지와 연결되어 있는 픽셀만 최종 에지로 선정



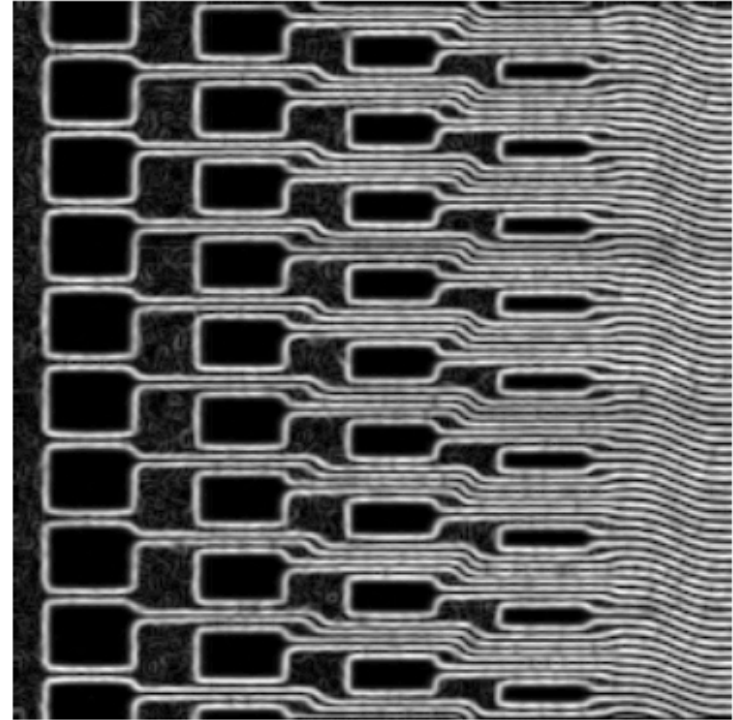
캐니 에지 검출

■ 캐니 에지 검출 과정



입력 영상

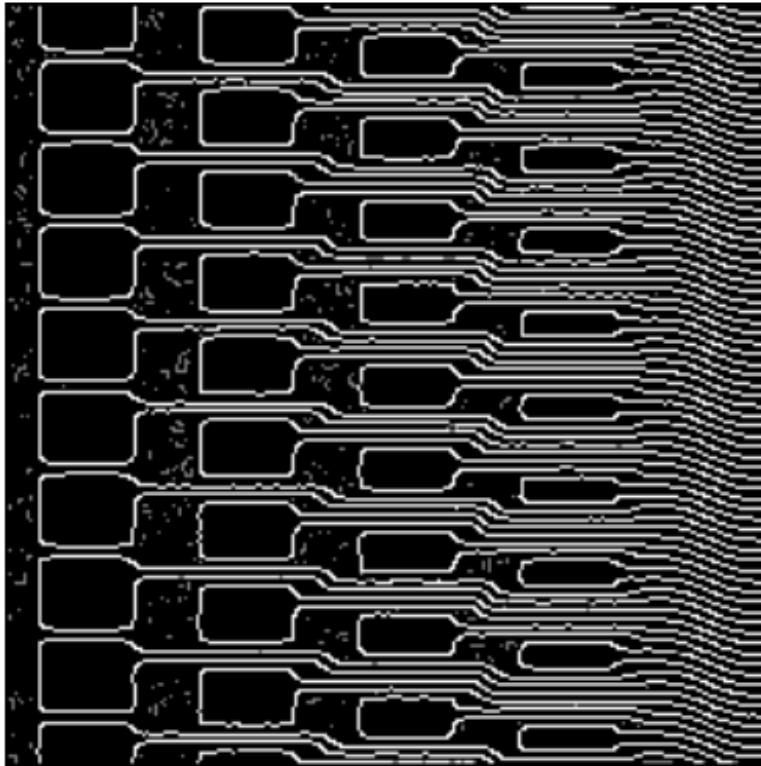
PCB 회로 기판



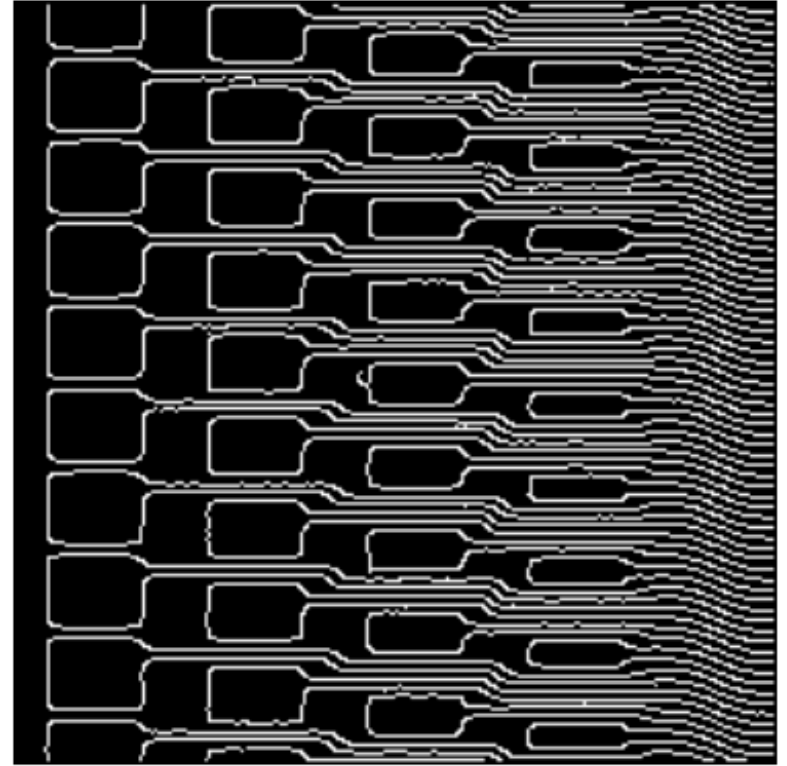
그래디언트 크기

캐니 에지 검출

■ 캐니 에지 검출 과정



비최대 억제



히스테리시스 에지 트래킹

캐니 에지 검출

■ 캐니 에지 검출 함수

```
cv2.Canny(image, threshold1, threshold2, edges=None, apertureSize=None,  
          L2gradient=None) -> edges
```

- image: 입력 영상
 - threshold1: 하단 임계값
 - threshold2: 상단 임계값
 - edges: 에지 영상
 - apertureSize: 소벨 연산을 위한 커널 크기. 기본값은 3.
 - L2gradient: True이면 L2 norm 사용, False이면 L1 norm 사용. 기본값은 False.
- } threshold1:threshold2 = 1:2 또는 1:3

$$L_2 \text{ norm} = \sqrt{(dI/dx)^2 + (dI/dy)^2}, L_1 \text{ norm} = |dI/dx| + |dI/dy|$$

캐니 에지 검출

■ 캐니 에지 검출 예제

```
src = cv2.imread('building.jpg', cv2.IMREAD_GRAYSCALE)

dst = cv2.Canny(src, 50, 150)
```



threshold1, threshold2

100, 150
50, 200

변경해서 테스트
적절한 값 찾기