Basic image processing techniques Part 2

Byeongjoon Noh

Dept. of AI and Bigdata, SCH Univ.

powernoh@sch.ac.kr

Contents

4. Operations in image processing

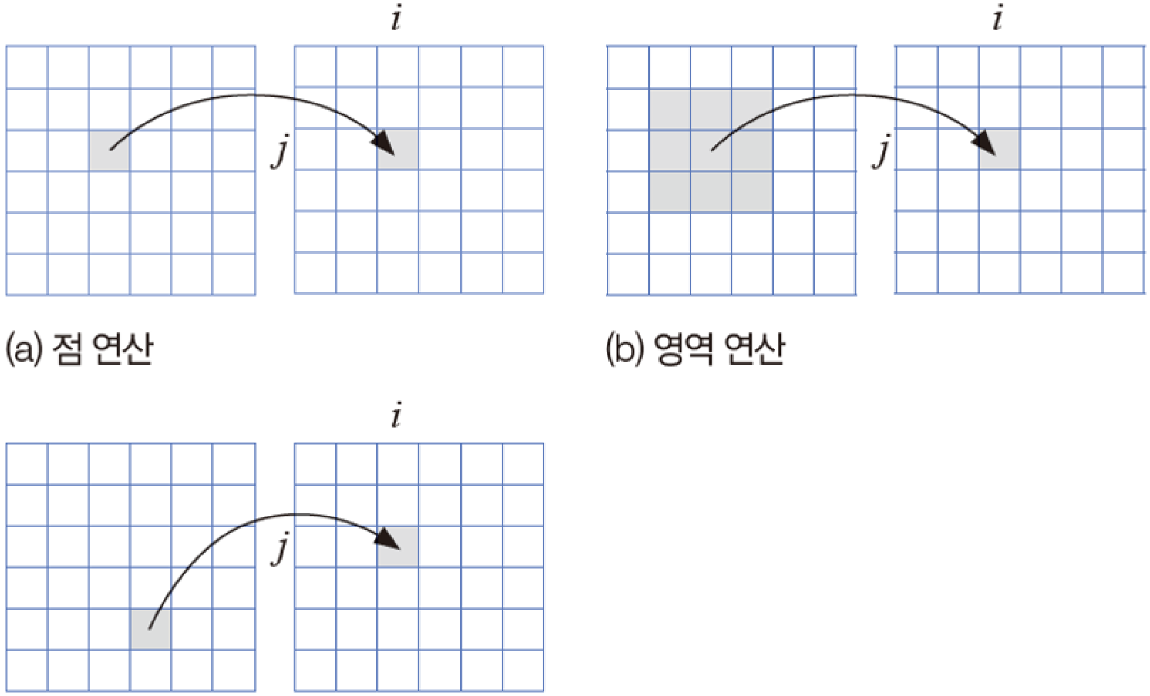
Operation in image processing

화소가 새로운 값을 어디서 갱신(획득)하느냐에 따라 세 가지 유형으로 구분됨

- Point operation (점 연산)
  - 자기 자신으로부터 획득
  - 히스토그램 평활화 등

- Area operation (영역 연산)
  - 이웃 화소들로부터 받음

- Geometric operation
  - 기하학적 변환이 정해주는 곳에서 받음



(a) 점 연산

(b) 영역 연산

(c) 기하 연산

Point operation

Expression

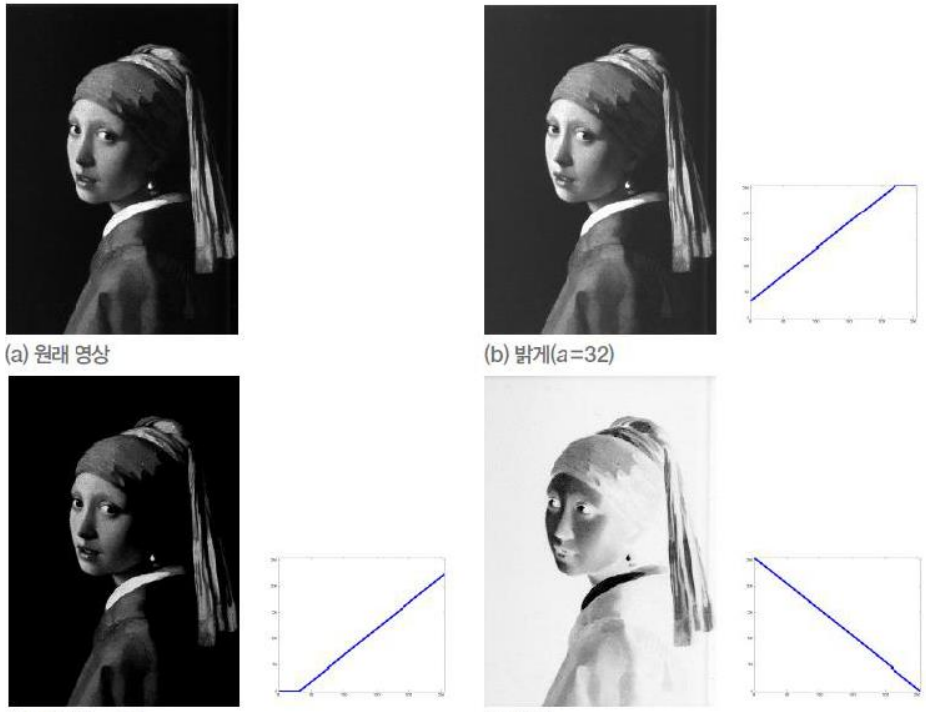
$$f_{out}(j,i) = t\big(f_1(j,i), f_2(j,i), \dots f_k(j,i)\big)$$

- 대부분 $K = 1$ (한 장의 영상을 변환)

Linear operation

- 모든 픽셀 값을 동일한 비율만큼 증가 또는 감소

$$f_{out}(j,i) = \begin{cases} \min(f(j,i) + a, L-1) & \text{(밝게)} \\ \max(f(j,i) + a, 0) & \text{(어둡게)} \\ (L-1) - f(j,i) & \text{(반전)} \end{cases}$$



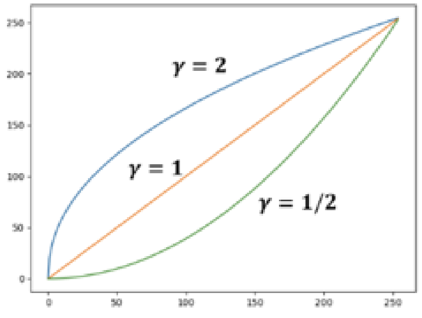
(a) 원래 영상 (b) 밝게(a=32) (c) 어둡게(a=32) (d) 반전

Point operation

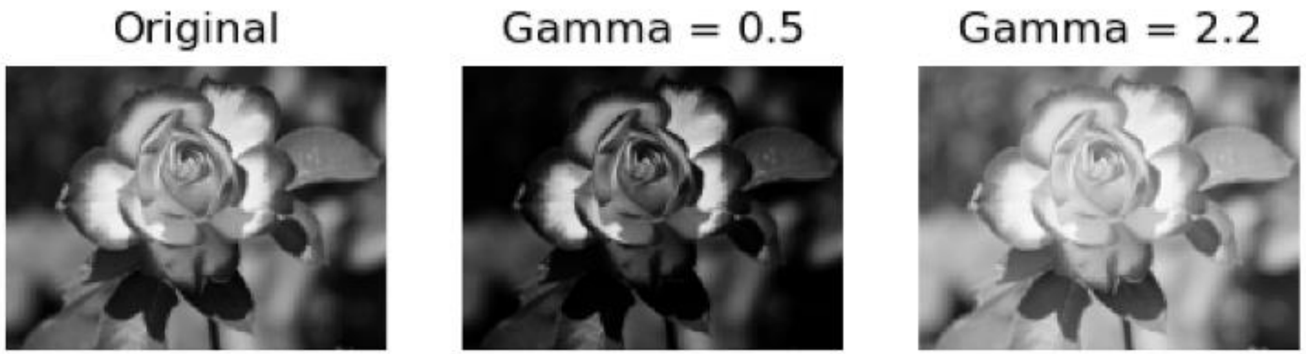
Non-linear operation

- Gamma (γ) correction (감마 보정)
    - $\gamma > 1$
        - 어두운 영역의 변화폭↑, 밝은 영역의 변화폭↓
        - ➔ 밝은 영역이 급격하게 밝아지지 않고 유지, 어두운 영역만 상대적으로 밝게
    - 모니터나 프린터 색상 조절에 사용

$$f_{out}(j,i) = (L-1) * \left(\hat{f}(j,i)\right)^{1/\gamma} ; \hat{f}(j,i) = \frac{f(j,i)}{L-1}$$



gamma 에 따른 pixel 값 변화



Point operation

Non-linear operation

- 1_5_gammaCorrection.py
  - (실행 전) matplotlib 라이브러리 설치 필요
  - > pip install matplotlib
  - 이전 슬라이드의 Gamma correction 공식과 비교 해보기!

```
def gamma_correction(image, gamma=1.0):
    inv_gamma = 1 / gamma
    output = np.uint8(((image / 255) ** inv_gamma) * 255)
    return output
```

Point operation

Non-linear operation

- Dissolve
  - 녹다, 용해시키다 ➔ 영상(이미지)를 합치다
  - 영상(video)에서 앞 영상의 끝~그 다음 영상의 시작 간의 fade in/out 효과

$$f_{out}(j,i) = \alpha * f_1(j,i) + (1-\alpha) * f_2(j,i)$$

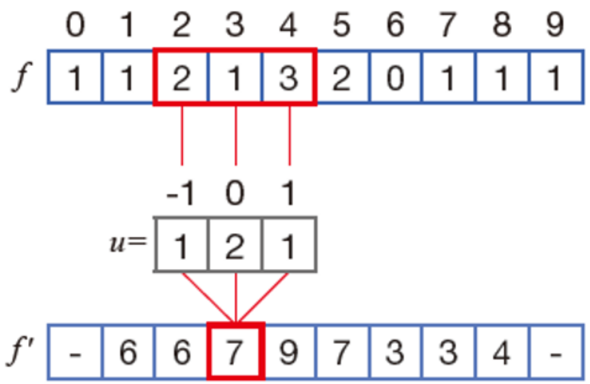
Area operation

이웃 화소를 고려하여 새로운 값을 결정

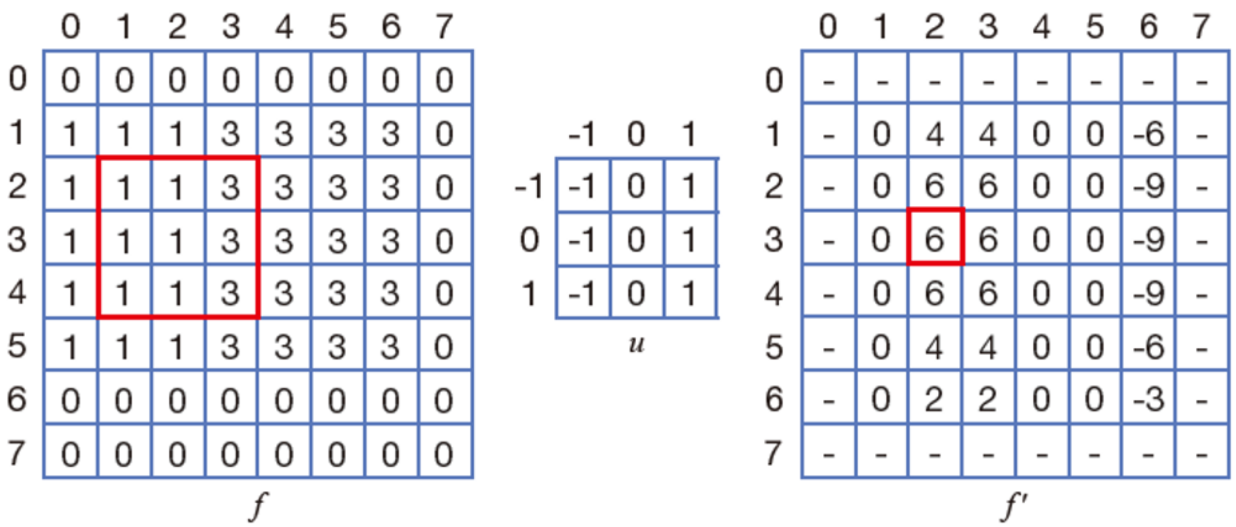
- Convolution (컨볼루션)

$$f'(x) = \sum_{i=-(w-1)/2}^{(w-1)/2} u(i) f(x+i)$$

$$f'(y,x) = \sum_{j=-(h-1)/2}^{(h-1)/2} \sum_{i=-(w-1)/2}^{(w-1)/2} u(j,i) f(y+j, x+i)$$



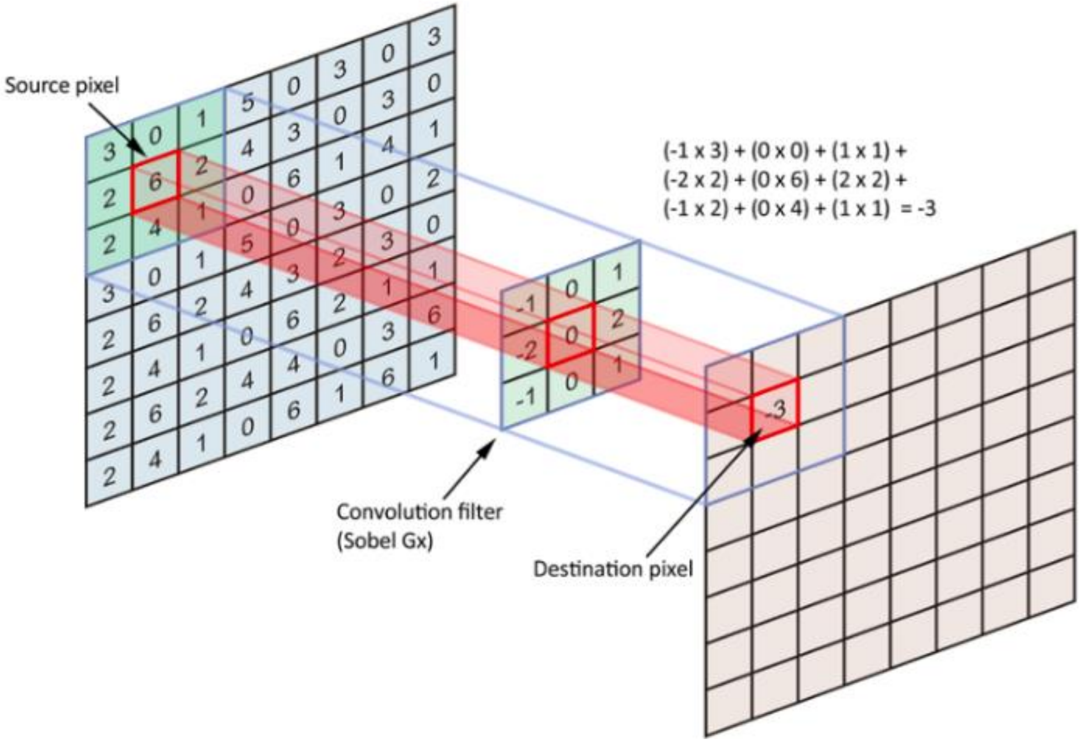
(a) 1차원 영상에 컨볼루션 적용

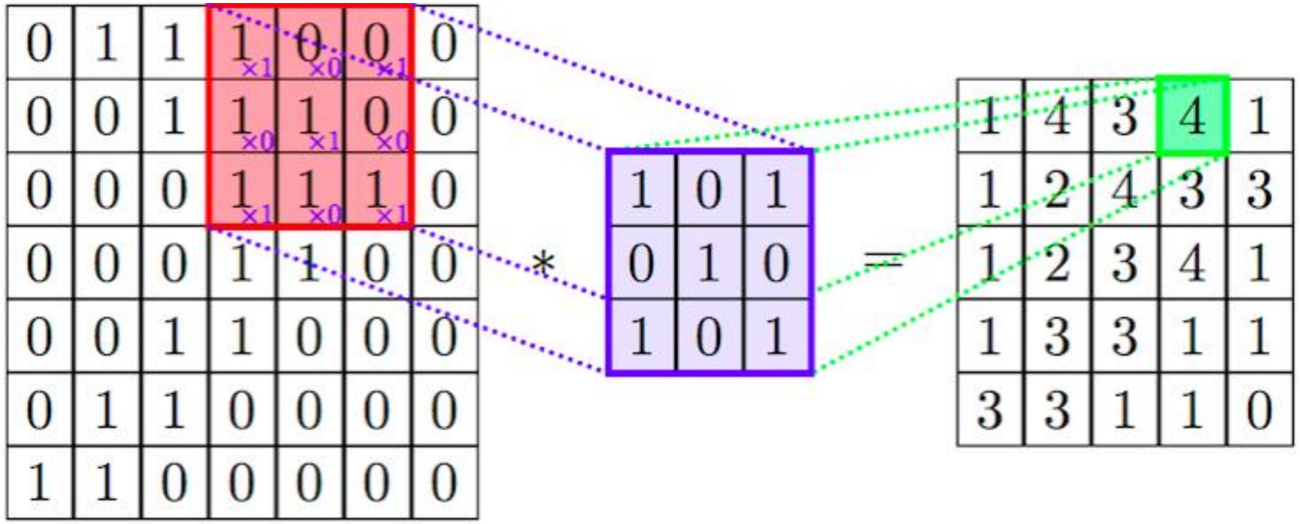


(b) 2차원 영상에 컨볼루션 적용

Area operation

Convolution 연산 방법 (자세히)





Area operation

Filter의 역할

- 연구를 통해 다양한 목적에 맞는 필터 matrix가 발견(발명??)

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

0.0030	0.0133	0.0219	0.0133	0.0030
0.0133	0.0596	0.0983	0.0596	0.0133
0.0219	0.0983	0.1621	0.0983	0.0219
0.0133	0.0596	0.0983	0.0596	0.0133
0.0030	0.0133	0.0219	0.0133	0.0030

(a) 스무딩 필터

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

(b) 샤프닝 필터

-1	0	0
0	0	0
0	0	1

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

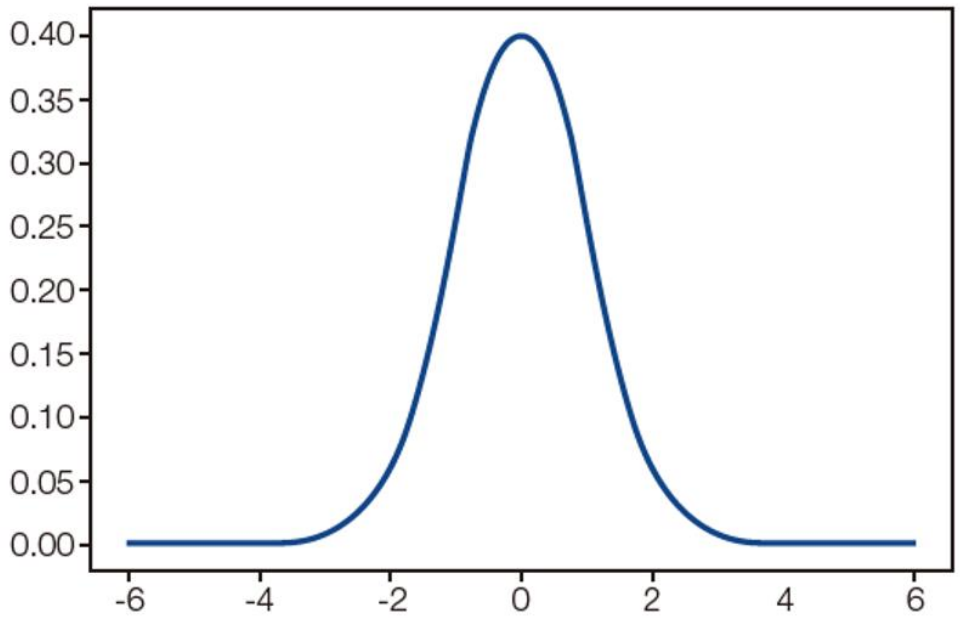
(c) 엠보싱 필터

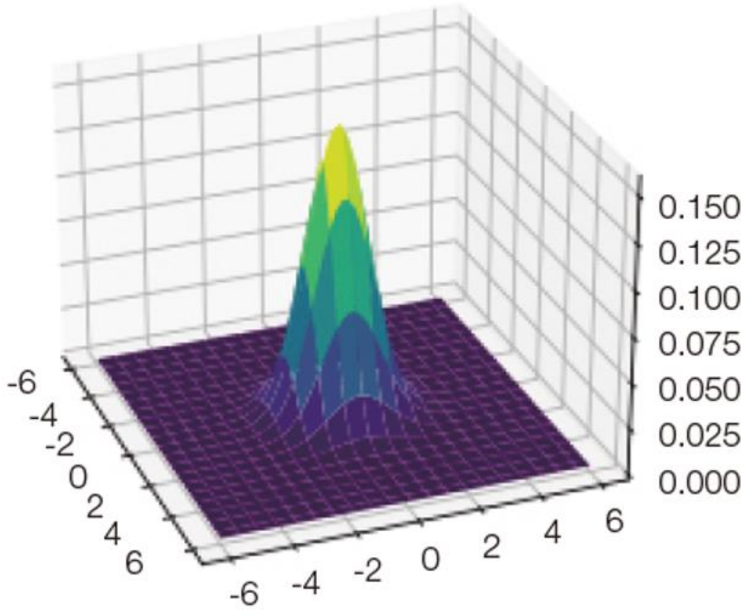
Area operation

Gaussian filter

$$1차원\ 가우시안:\quad g(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

$$2차원\ 가우시안:\quad g(y,x) = \frac{1}{\sigma^2 2\pi} e^{-\frac{y^2+x^2}{2\sigma^2}}$$





Area operation

필터 생성 및 활용 예제

- 1_6_filter.py

가우시안 필터 예제

- 1_7_Gaussianfilter.py, 1_8_Gaussianfilter2.py

```
g_kernel = cv2.getGaussianKernel(3, 0)
g_blur1 = cv2.filter2D(image, -1, g_kernel*g_kernel.T)

# 2) 가우시안 블러자체를 opencv 함수를 호출하여 활용
g_blur2 = cv2.GaussianBlur(image, (3, 3), 0)
```

Matplotlib 라이브러리 활용하여 사진 한번에 출력 및 비교하기 예제

- 1_9_subPlotView.py

Area operation

** (참고) OpenCV 사용 시 연산 결과를 저장하는 변수의 유효 값 범위

- In OpenCV, 영상 화소 = numpy.uint8 데이터 타입으로 표현 ([0, 255])

```
img = cv2.imread(path)
print(type(img[0, 0, 0]))

➔ <class 'numpy.uint8'>
```

- [0, 255] 범위를 벗어나는 경우 문제 발생

```
a = np.array([-3, -2, -1, 0, 1, 254, 255, 256, 257, 258], dtype = np.uint8)
print(a)

➔ [253 254 255 0 1 254 255 0 1 2]
```

Geometric operation

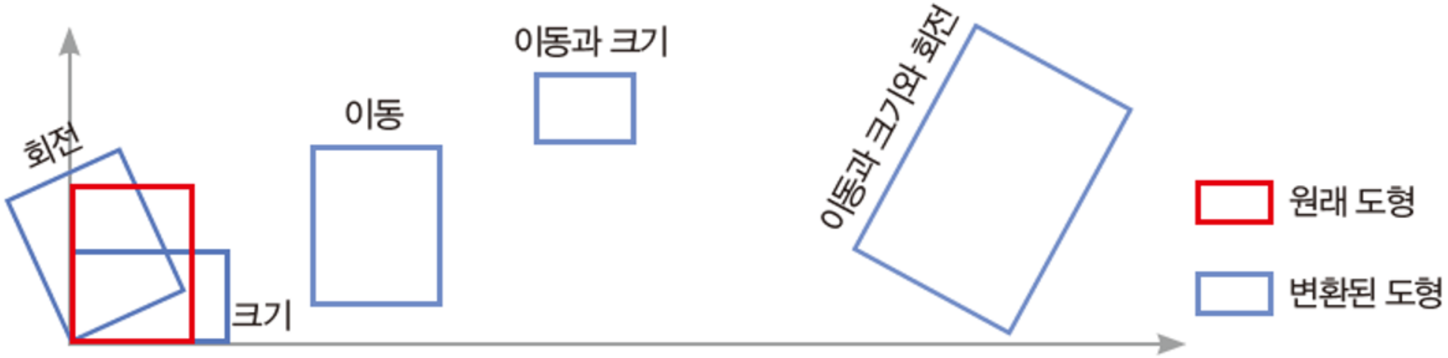
특정 위치의 화소에서 값을 획득함

- 특정 위치 = 기하 연산의 결과
- 주로 물체의 이동, 크기, 회전에 따른 기하 변환을 수행

Geometric operation

동차 좌표 (Homogeneous coordinate)

- 2차원 좌표를 3차원 벡터로 표현
  - $p = (x, y) \rightarrow \bar{p} = (x, y, 1)$
- 3개 요소에 같은 값을 곱하면 같은 좌표
  - (-2, 4, 1) , (-4, 8, 2) ➔ (-2, 4)



Geometric operation

동차 좌표 (Homogeneous coordinate)

- 동차 행렬 (Homogeneous matrix, $\dot{\mathrm{H}}$) 표현법 및 그 원리
  - 이동 (Translation)

$$x' = x + t_x$$

$$y' = y + t_y$$

    - (x, y)를 각각 t_x, t_y 만큼 이동
    - 행렬 표현

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \boxed{\begin{bmatrix} 1 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

Geometric operation

동차 좌표 (Homogeneous coordinate)

- 동차 행렬 (Homogeneous matrix) 표현법 및 그 원리
  - 축척 (Scaling)

원점기준

$$x' = s_x x$$

$$y' = s_y t_y$$

임의의 점 기준

$$x' = s_x(x - p_x) + p_x = s_x x + p_x(1 - s_x)$$

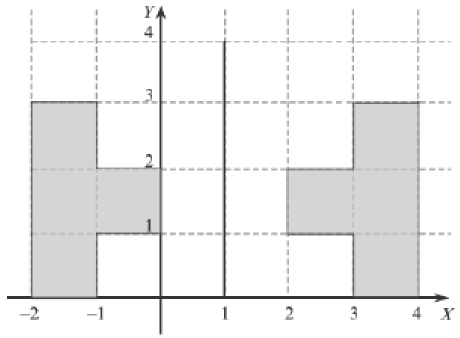
$$y' = s_y(x - p_y) + p_y = s_y y + p_y(1 - s_y)$$

- (x, y)를 각각 s_x, s_y 만큼 축소/확대
- 행렬 표현

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_x & 0 & p_x(1 - s_x) \\ 0 & s_y & p_y(1 - s_y) \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

Geometric operation



동차 좌표 (Homogeneous coordinate)

- 동차 행렬 (Homogeneous matrix) 표현법 및 그 원리
  - 반사 (Reflections)

y축 반사 $x' = -x$, $y' = y$

x축 반사 $x' = x$, $y' = -y$

임의의 y축 반사 $(x = a_x)$ $x' = -(x - a_x) + a_x = -x + 2a_x$, $y' = y$

- 행렬 표현

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

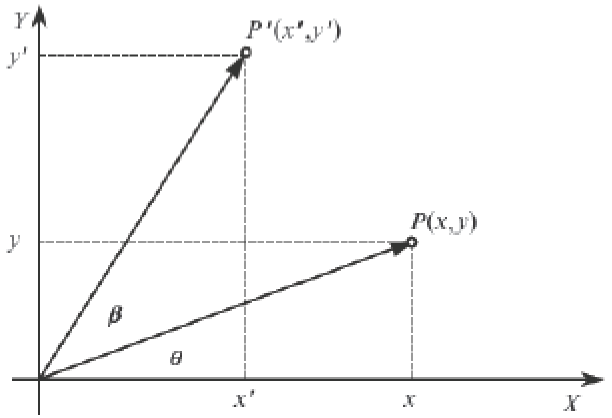
$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 2a_x \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

임의의 x축 반사 $(y = a_y)$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2a_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

Geometric operation



동차 좌표 (Homogeneous coordinate)

- 동차 행렬 (Homogeneous matrix) 표현법 및 그 원리
  - 회전 (Rotation)
    - $p(x, y)$가 각도 β만큼 (반시계방향) 회전하여 $p'(x', y')$

$$R(p, \beta): p(x, y) \rightarrow p'(x', y')$$

$$x' = \cos(\theta + \beta) = \cos\theta\cos\beta - \sin\theta\sin\beta = x\cos\beta - y\sin\beta$$

$$y' = \sin(\theta + \beta) = \sin\theta\cos\beta + \cos\theta\sin\beta = y\cos\beta + x\sin\beta$$

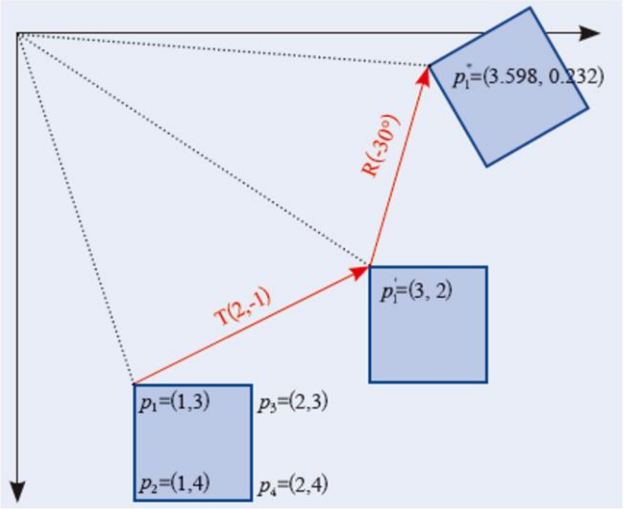
- 행렬 표현

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\beta & -\sin\beta & 0 \\ \sin\beta & \cos\beta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

Geometric operation

동차 행렬을 이용한 기하 변환 예시

정사각형을 x 방향으로 2, y 방향으로 -1만큼 이동한 다음 반시계 방향으로 30도 회전



[그림 2-26]의 삼각형을 y방향으로 3, x방향으로 2만큼 이동시킨 후 30° 회전 시켜보자.

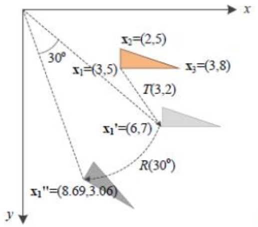


그림 2-26 기하 변환의 예

먼저, 이동 변환을 구하려면 $T(3,2)$가 필요하다. 꼭지점 $\mathbf{x}_1=(3,5)$를 동차 좌표로 확장하여 $\dot{\mathbf{x}}_1=(3,5,1)$을 만들고 식 (2.16)의 연산을 적용한다.

$$T(3,2)=\begin{pmatrix}1&0&0\\0&1&0\\3&2&1\end{pmatrix},\quad \dot{\mathbf{x}}_1'=(3\ \ 5\ \ 1)\begin{pmatrix}1&0&0\\0&1&0\\3&2&1\end{pmatrix}=(6\ \ 7\ \ 1)$$

연산의 결과로 $\dot{\mathbf{x}}_1'=(6\ 7\ 1)$을 얻었는데, 마지막 요소를 제거하여 2차원 좌표로 바꾸면 $\mathbf{x}_1'=(6,7)$이 된다. 나머지 두 점 $\mathbf{x}_2$와 $\mathbf{x}_3$도 같은 과정으로 변환한 후 이동한 삼각형을 그려보면 가운데 삼각형과 같다. 이제 이동한 삼각형을 30° 회전 시켜보자. 회전을 계산하는 데 필요한 행렬 $R(30°)$를 꼭지점 $\mathbf{x}_1'$에 적용하면, 다음과 같이 $\mathbf{x}_1''=(8.6962, 3.0622)$를 얻는다. 나머지 두 점을 계산하고 결과를 그려보면 맨 아래 삼각형과 같다.

$$(6\ \ 7\ \ 1)\begin{pmatrix}\cos 30° & -\sin 30° & 0\\ \sin 30° & \cos 30° & 0\\ 0&0&1\end{pmatrix}=(6\ \ 7\ \ 1)\begin{pmatrix}0.866&-0.500&0\\0.500&0.866&0\\0&0&1\end{pmatrix}=(8.6962\ \ 3.0622\ \ 1)$$

동차 행렬 사용 ➔ 계산 효율화

$$\mathbf{A}=\mathrm{R}(30°)\mathrm{T}(2,-1)=\begin{pmatrix}0.8660&0.5000&0\\-0.5000&0.8660&0\\0&0&1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}1&0&2\\0&1&-1\\0&0&1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0.8660&0.5000&1.232\\-0.5000&0.8660&-1.866\\0&0&1\end{pmatrix}$$

$$\mathbf{A}\bar{p}_1^{\mathrm{T}}=\begin{pmatrix}0.8660&0.5000&1.232\\-0.5000&0.8660&-1.866\\0&0&1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}1\\3\\1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}3.598\\0.232\\1\end{pmatrix}$$

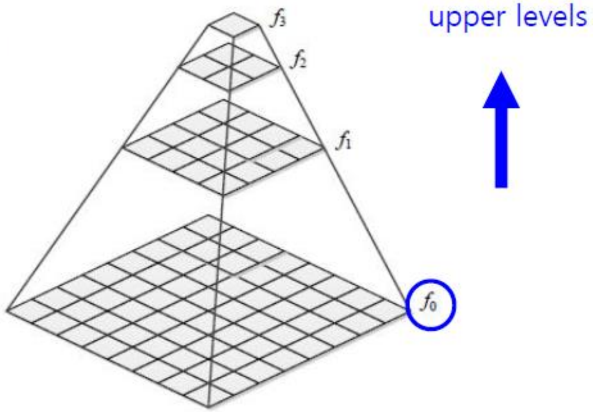
5. Multi resolution

Multi-resolution

해상도를 줄이거나 늘리는 연산

- Down-sampling, up-sampling
- 멀티미디어 장치 내 디스플레이
- 물체 크기 변환에 강인한 인식

Pyramid



End of slide