영상처리 실제

Image Processing Practice

신재혁

naezang@cbnu.ac.kr

3장 디지털 영상처리

디지털 영상 기초

디지털 영상 기초

- 영상 처리
  - 특정 목적을 달성하기 위해 원래 영상을 개선된 새로운 영상으로 변환하는 작업

(a) 안개 낀 도로 영상　　(b) 히스토그램 평활화로 개선한 영상

그림 3-1 영상 처리로 화질 개선

- 화질 개선 자체가 목적인 경우
  - 예) 도주 차량의 번호판 식별. 병변 위치 찾기 등
- 컴퓨터 비전은 전처리로 활용하여 인식 성능을 향상

디지털 영상 기초

- 현대는 인터넷에 수많은 영상이 쌓임
  - 컴퓨터 비전 알고리즘을 개발하는데 중요한 실험 데이터로 활용됨

영상 획득과 표현

- 핀홀 카메라 모델
  - 영상 획득 과정은 매우 복잡
  - 핀홀 카메라 모델은 핵심을 설명

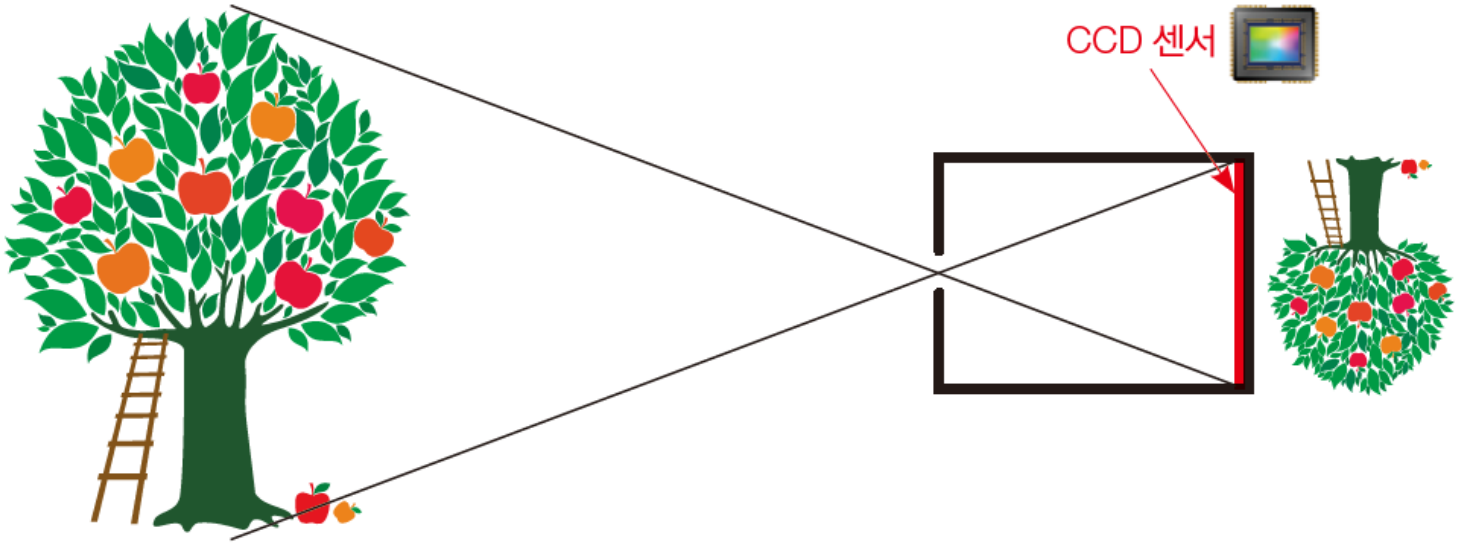


그림 3-2 핀홀 카메라 모델과 CCD 센서

영상 획득과 표현

- 디지털 변환
  - M*N 영상으로 샘플링sampling
  - L 단계로 양자화quantization

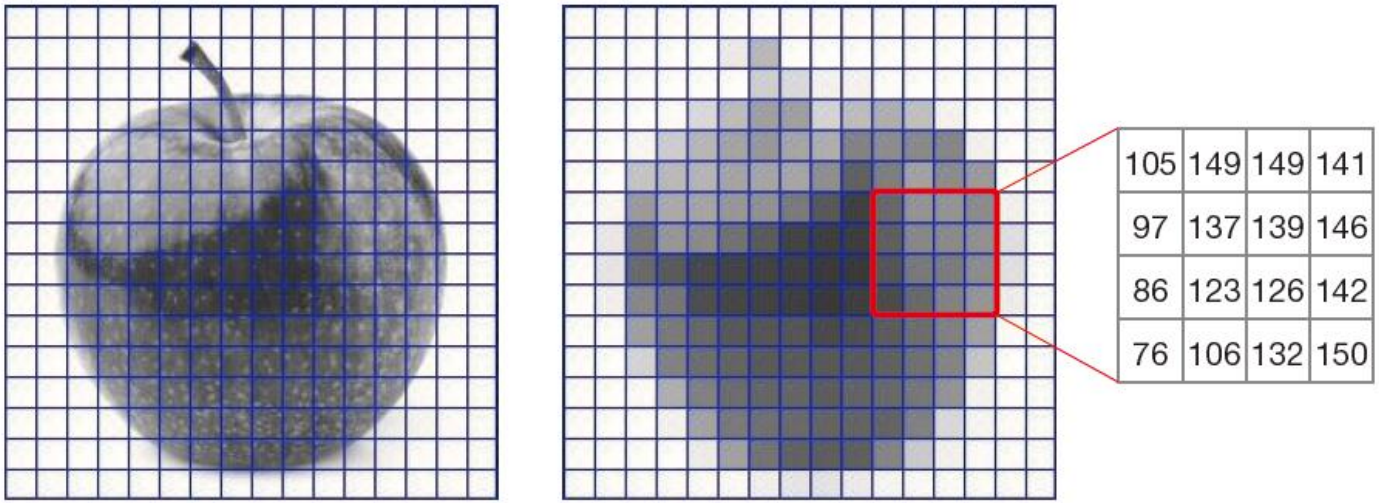


그림 3-3 피사체가 반사하는 빛 신호를 샘플링과 양자화를 통해 디지털 영상으로 변환

영상 획득과 표현

- 영상 좌표계
  - 왼쪽 위 구석이 원점
  - (y,x) 표기

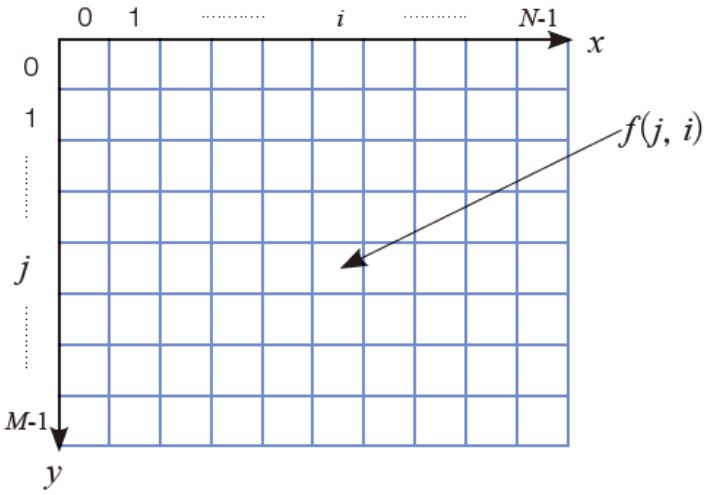
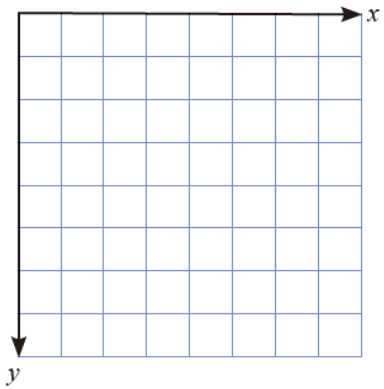


그림 3-4 디지털 영상의 좌표계

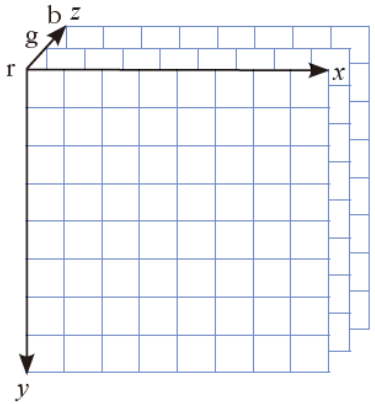
  - 함수에 따라 (x,y) 표기 사용하니 주의할 필요. 예) cv.line 함수

- OpenCV는 numpy.ndarray로 영상 표현
  - numpy.ndarray가 지원하는 다양한 함수를 사용할 수 있다는 큰 장점
  - 예) min, max, argmin, argmax, mean, sort, reshape, transpose, … …

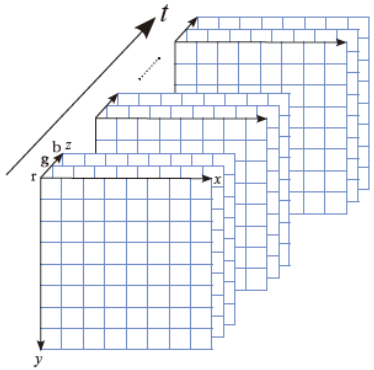
다양한 종류의 영상



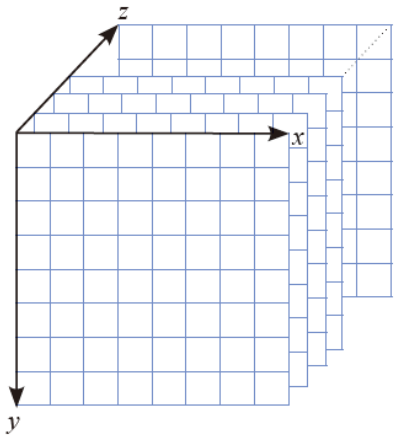
(a) 명암 영상



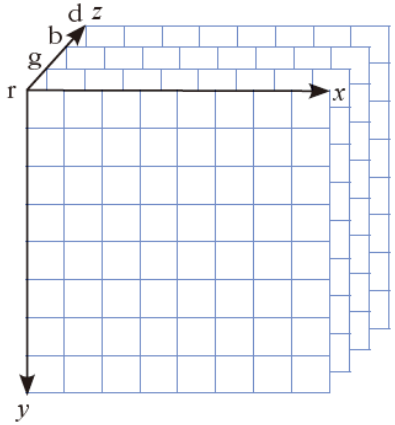
(b) 컬러 영상



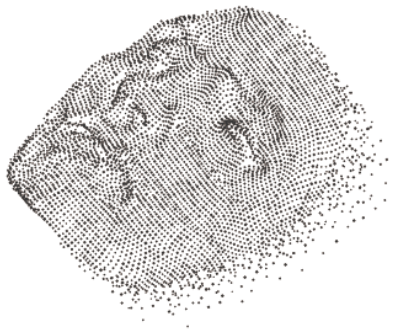
(c) 컬러 동영상



(d) 다분광/초분광/MR/CT 영상



(e) RGB-D 영상

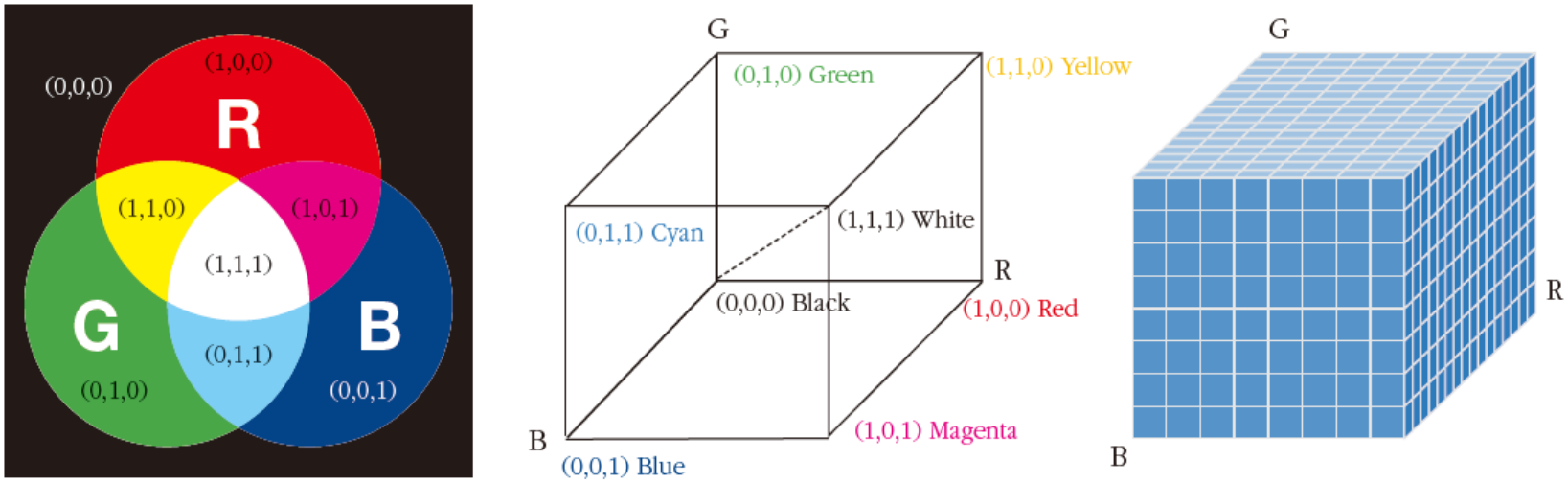


(f) 점 구름 영상

그림 3-5 다양한 형태의 디지털 영상

컬러 모델

- RGB 컬러 모델



(a) RGB 삼원색의 혼합 (b) RGB 큐브 (c) 양자화된 RGB 큐브

그림 3-6 RGB 컬러 공간

컬러 모델

- HSV 컬러 모델
  - 빛의 밝기가 V 요소에 집중
  - RGB보다 빛 변환에 덜 민감하다

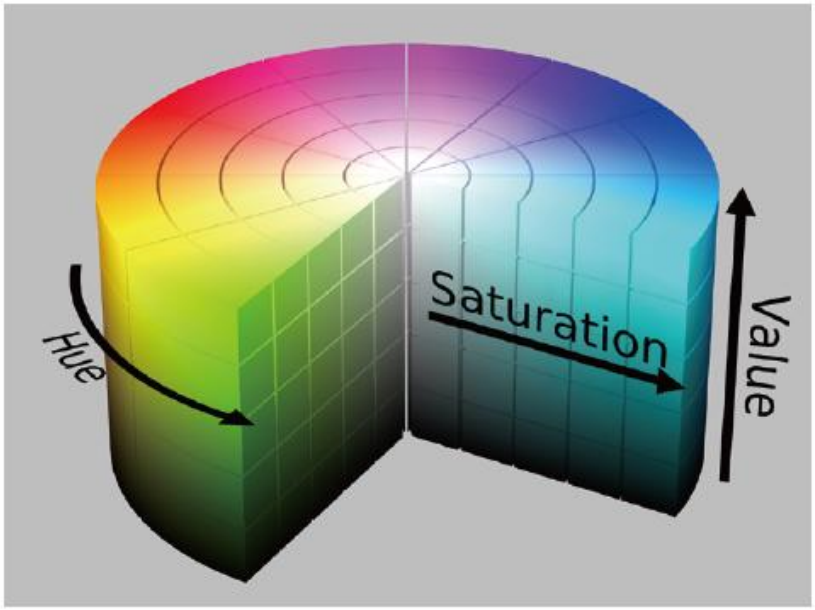


그림 3-7 HSV 컬러 모델

RGB 채널별로 디스플레이

- numpy의 슬라이싱 기능을 이용하여 RGB 채널별로 디스플레이

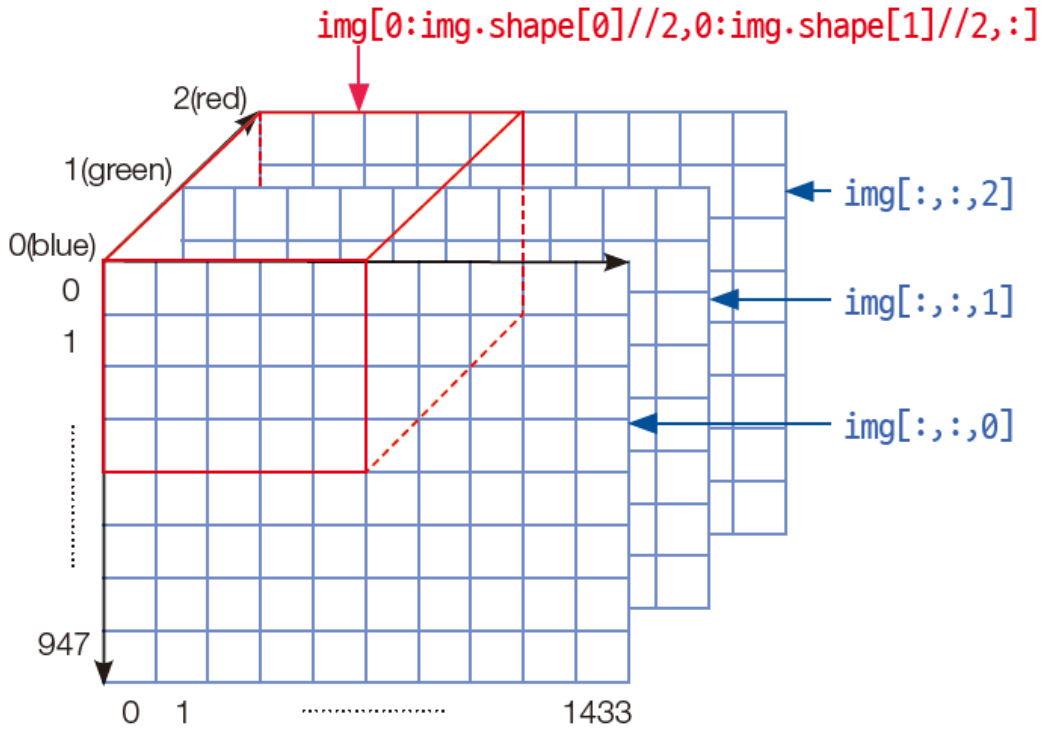


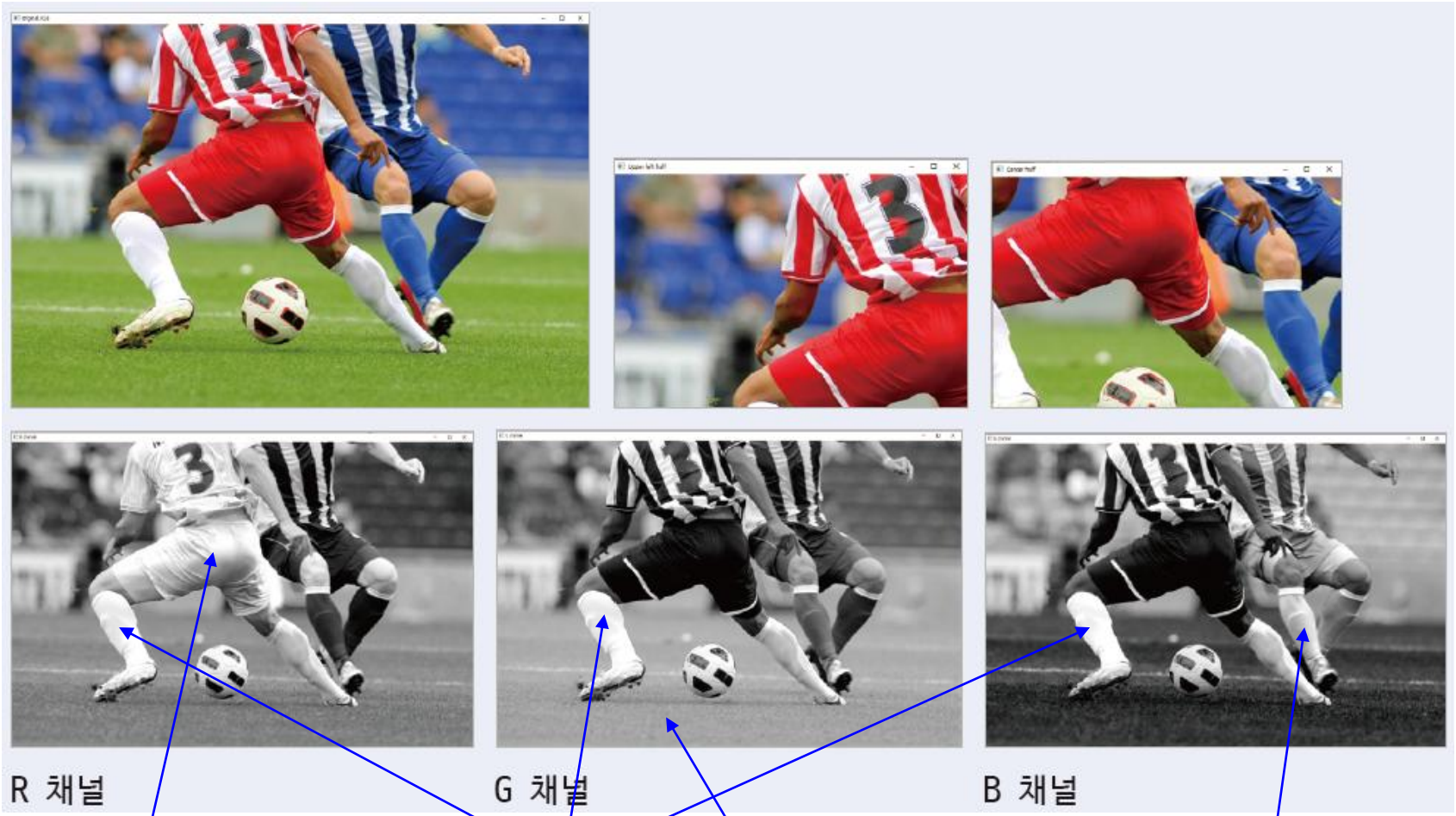
그림 3-8 numpy.ndarray의 슬라이싱을 이용한 영상 일부분 자르기([프로그램 3-1]의 10행)

RGB 채널별로 디스플레이

프로그램 3-1 RGB 컬러 영상을 채널별로 구분해 디스플레이하기

```
01  import cv2 as cv
02  import sys
03
04  img=cv.imread('soccer.jpg')
05
06  if img is None:
07      sys.exit('파일을 찾을 수 없습니다.')
08
09  cv.imshow('original_RGB',img)
10  cv.imshow('Upper left half',img[0:img.shape[0]//2,0:img.shape[1]//2,:])
11  cv.imshow('Center half',img[img.shape[0]//4:3*img.shape[0]//4,img.
              shape[1]//4:3*img.shape[1]//4,:])
12
13  cv.imshow('R channel',img[:,:,2])
14  cv.imshow('G channel',img[:,:,1])
15  cv.imshow('B channel',img[:,:,0])
16
17  cv.waitKey()
18  cv.destroyAllWindows()
```

RGB 채널별로 디스플레이



이진 영상

이진 영상

- 이진 영상
  - 화소가 0(흑) 또는 1(백)인 영상
  - 1비트면 저장할 수 있는데, 편의상 1바이트를 사용하는 경우 많음
  - 에지 검출 결과를 표시하거나 물체와 배경을 구분하여 표시하는 응용 등에 사용

이진화

- 알고리즘
  - 임계값 T보다 큰 화소는 1, 그렇지 않은 화소는 0으로 바꿈. 임계값 결정이 중요

$$b(j,i)=\begin{cases}1, f(j,i)\geq T\\ 0, f(j,i)<T\end{cases} \qquad (3.1)$$

  - 히스토그램에서 계곡 부근으로 결정하는 방법 ([예시 3-1])

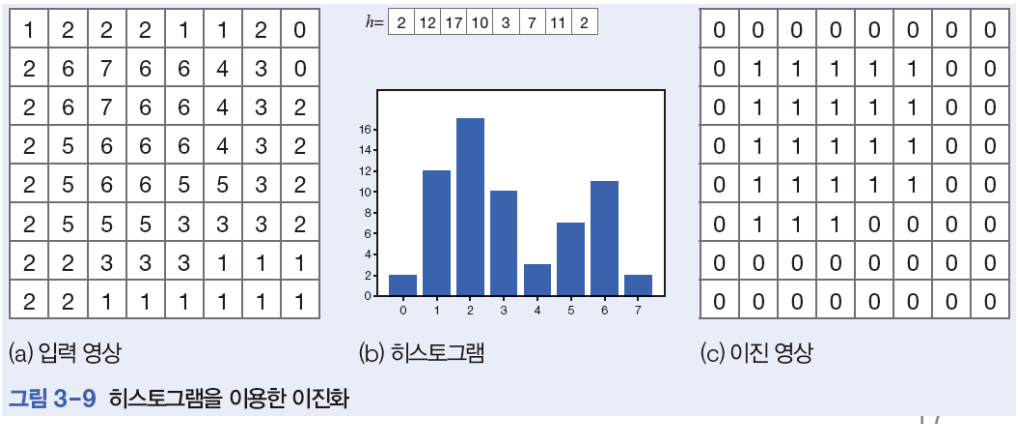


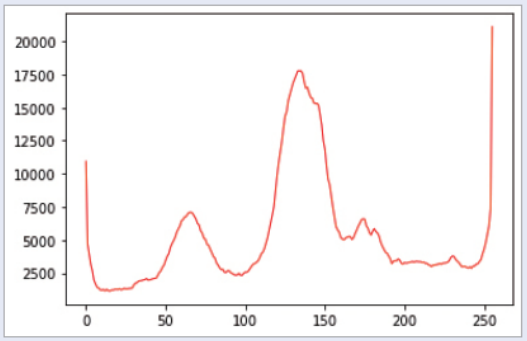
그림 3-9 히스토그램을 이용한 이진화

이진화

- 알고리즘 (계속.....)
  - 실제 영상에서는 계곡이 아주 많이 나타나서 구현이 쉽지 않음

프로그램 3-2 실제 영상에서 히스토그램 구하기

```
01  import cv2 as cv
02  import matplotlib.pyplot as plt
03
04  img=cv.imread('soccer.jpg')
05  h=cv.calcHist([img],[2],None,[256],[0,256]) # 2번 채널인 R 채널에서 히스토그램 구함
06  plt.plot(h,color='r',linewidth=1)
```



오츄 알고리즘

- 이진화를 최적화 문제로 바라봄. 최적값 $\hat{t}$을 임계값 T로 이용

$$\hat{t} = \underset{t \in \{0,1,2,\cdots,L-1\}}{\operatorname{argmin}} J(t) \qquad (3.2)$$

- 목적 함수 $J(t)$는 임계값 t의 좋은 정도를 측정함(작을수록 좋음)
  - t로 이진화했을 때 0이 되는 화소들의 분산($v_0(t)$)과 1이 되는 화소들의 분산($v_1(t)$)의 가중치($n_0(t)$와 $n_1(t)$) 합을 J로 사용

$$J(t) = n_0(t)v_0(t) + n_1(t)v_1(t) \qquad (3.3)$$

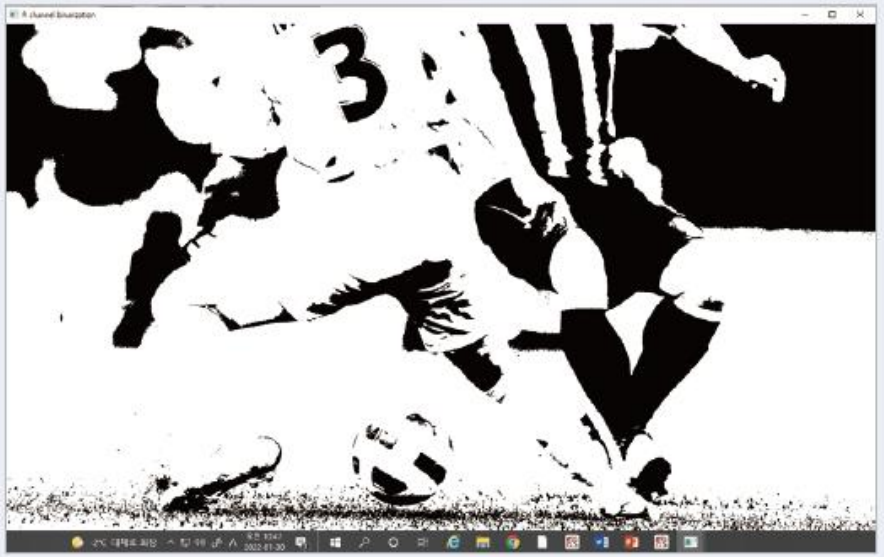
오츄 알고리즘

프로그램 3-3 오츄 알고리즘으로 이진화하기

```
01  import cv2 as cv
02  import sys
03
04  img=cv.imread('soccer.jpg')
05
06  t,bin_img=cv.threshold(img[:,:,2],0,255,cv.THRESH_BINARY+cv.THRESH_OTSU)
07  print('오츄 알고리즘이 찾은 최적 임곗값=',t) ①
08
09  cv.imshow('R channel',img[:,:,2])                # R 채널 영상
10  cv.imshow('R channel binarization',bin_img)      # R 채널 이진화 영상
11
12  cv.waitKey()
13  cv.destroyAllWindows()
```

오츄 알고리즘

오츄 알고리즘이 찾은 최적 임곗값= 113.0 ①



연결 요소

- 4-연결성과 8-연결성

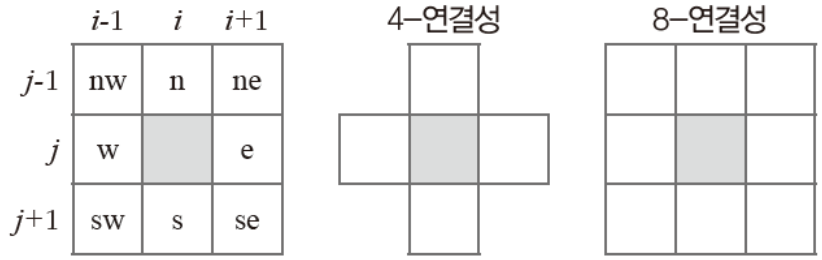


그림 3-10 화소의 연결성

[예시 3-2] 연결 요소

[그림 3-11]에서 (a)는 입력 이진 영상이고, (b)와 (c)는 각각 4-연결성과 8-연결성으로 찾은 연결 요소다. 연결 요소는 고유한 정수 번호로 구분한다.

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

(a) 입력 이진 영상

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

(b) 4-연결성으로 찾은 연결 요소

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

(c) 8-연결성으로 찾은 연결 요소

그림 3-11 연결 요소 찾기

모폴로지

- 모폴로지는 구조 요소structuring element를 이용하여 영역의 모양을 조작

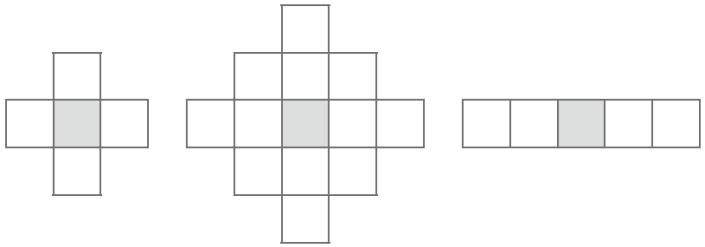


그림 3-12 모폴로지가 사용하는 구조 요소

- 팽창dilation 침식erosion 열림opening 닫힘closing
  - **팽창**은 작은 홈을 메우거나 끊어진 영역을 연결하는 효과. 영역을 키움
  - **침식**은 경계에 솟은 돌출 부분을 깎는 효과. 영역을 작게 만듦
  - **열림**은 침식한 결과에 팽창 적용. 원래 영역 크기 유지
  - **닫힘**은 팽창한 결과에 침식을 적용. 원래 영역 크기 유지

모폴로지

- [예시 3-3] 팽창과 침식 연산

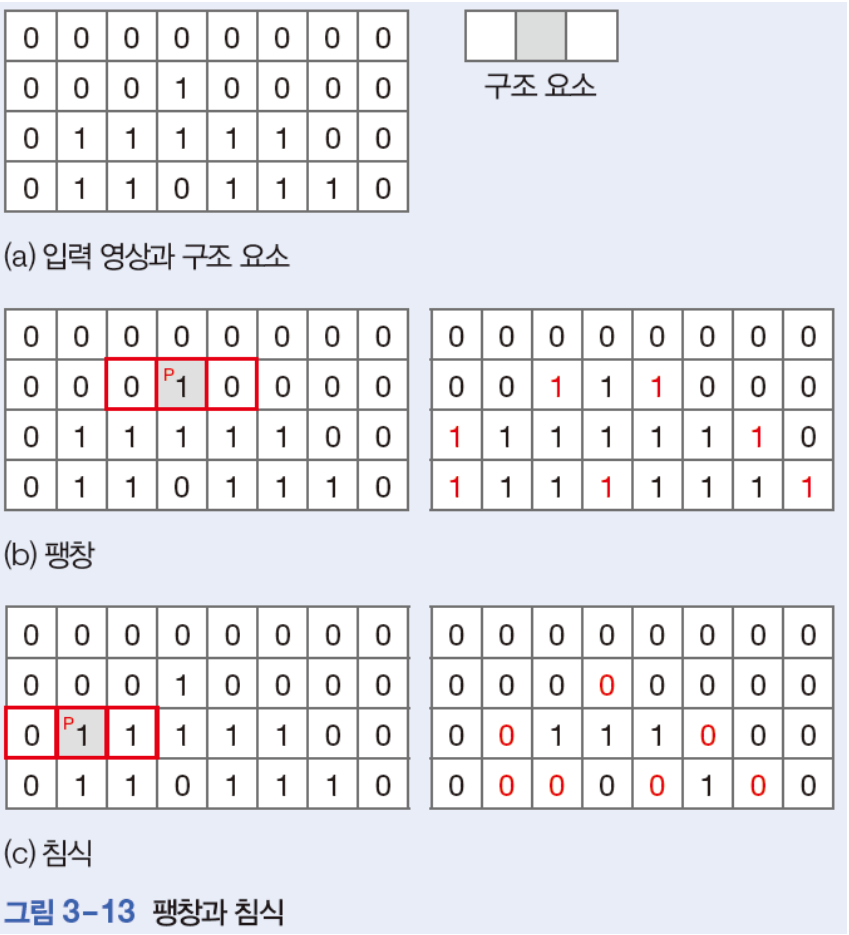


그림 3-13 팽창과 침식

모폴로지

- [예시 3-3] 팽창과 침식 연산

프로그램 3-4 모폴로지 연산 적용하기

```
01  import cv2 as cv
02  import numpy as np
03  import matplotlib.pyplot as plt
04
05  img=cv.imread('JohnHancocksSignature.png',cv.IMREAD_UNCHANGED)
06
07  t,bin_img=cv.threshold(img[:,:,3],0,255,cv.THRESH_BINARY+cv.THRESH_OTSU)
08  plt.imshow(bin_img,cmap='gray'), plt.xticks([]), plt.yticks([]) ①
09  plt.show()
```

모폴로지

```
10
11  b=bin_img[bin_img.shape[0]//2:bin_img.shape[0],0:bin_img.shape[0]//2+1]
12  plt.imshow(b,cmap='gray'), plt.xticks([]), plt.yticks([]) ②
13  plt.show()
14
15  se=np.uint8([[0,0,1,0,0],                                    # 구조 요소
16               [0,1,1,1,0],
17               [1,1,1,1,1],
18               [0,1,1,1,0],
19               [0,0,1,0,0]])
20
21  b_dilation=cv.dilate(b,se,iterations=1)                       # 팽창
22  plt.imshow(b_dilation,cmap='gray'), plt.xticks([]), plt.yticks([]) ③
23  plt.show()
24
25  b_erosion=cv.erode(b,se,iterations=1)                         # 침식
26  plt.imshow(b_erosion,cmap='gray'), plt.xticks([]), plt.yticks([]) ④
27  plt.show()
28
29  b_closing=cv.erode(cv.dilate(b,se,iterations=1),se,iterations=1) # 닫기
30  plt.imshow(b_closing,cmap='gray'), plt.xticks([]), plt.yticks([]) ⑤
31  plt.show()
```

모폴로지

①

②

잘라낸 영상

③

팽창

④

침식

⑤

닫힘

점 연산

점 연산

- 세 종류의 영상 처리 연산
  - 화소가 새로운 값을 어디서 받느냐에 따라 세 가지로 구분
  - 점 연산point operation: 자기 자신에게서 받음
  - 영역 연산area operation: 이웃 화소들에서 받음
  - 기하 연산geometric operation: 기하학적 변환이 정해주는 곳에서 받음

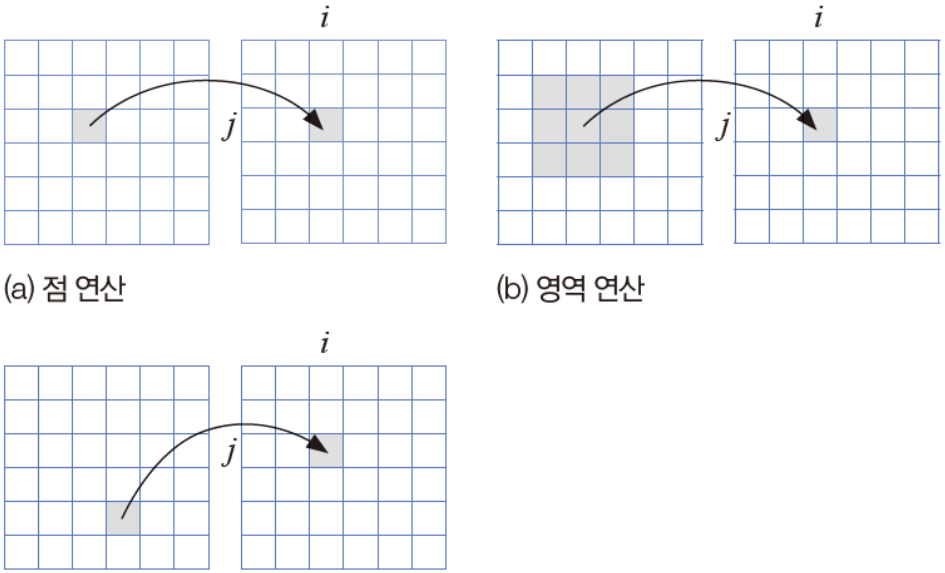


그림 3-14 세 종류의 영상 처리 연산

명암 조절

- 프로그래밍 실습: 감마 보정

프로그램 3-5 감마 보정 실험하기

```
01  import cv2 as cv
02  import numpy as np
03
04  img=cv.imread('soccer.jpg')
05  img=cv.resize(img,dsize=(0,0),fx=0.25,fy=0.25)
06
07  def gamma(f,gamma=1.0):
08      f1=f/255.0                          # L=256이라고 가정
09      return np.uint8(255*(f1**gamma))
10
11  gc=np.hstack((gamma(img,0.5),gamma(img,0.75),gamma(img,1.0),gamma(img,2.0),gamma
            (img,3.0)))
12  cv.imshow('gamma',gc)
13
14  cv.waitKey()
15  cv.destroyAllWindows()
```

numpy.float64 형

numpy.uint8 형으로 변환

numpy.hstack 함수로 이어붙이기

히스토그램 평활화

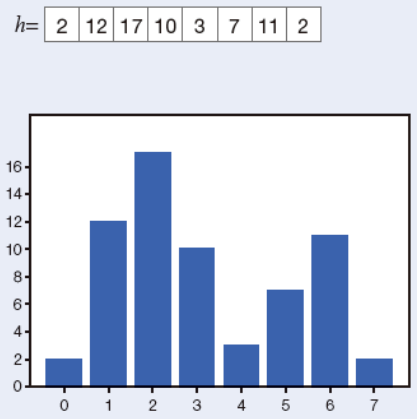
- 히스토그램 평활화histogram equalization
  - 히스토그램이 평평하게 되도록 영상을 조작해 영상의 명암 대비를 높이는 기법

$$l' = \text{round}\left(\ddot{h}(l) \times (L-1)\right) \qquad (3.6)$$

- [예시 3-4] ([그림 3-9]를 재활용)

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

(a) 입력 영상



(b) 히스토그램

히스토그램 평활화

l	h	$\dot{h}$	$\ddot{h}$	$\ddot{h}\times 7$	l'
0	2	0.03125	0.03125	0.21875	0
1	12	0.1875	0.21875	1.53125	2
2	17	0.265625	0.484375	3.390625	3
3	10	0.15625	0.640625	4.484375	4
4	3	0.046875	0.6875	4.8125	5
5	7	0.109375	0.796875	5.578125	6
6	11	0.171875	0.96875	6.78125	7
7	2	0.03125	1.0	7.0	7

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

$h=$ | 2 | 0 | 12 | 17 | 10 | 3 | 7 | 13 |

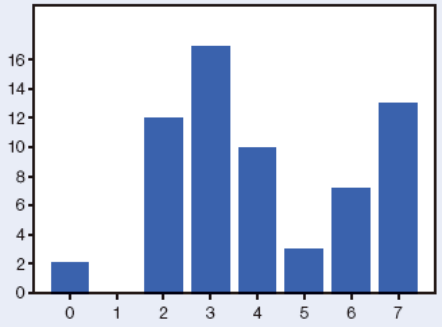


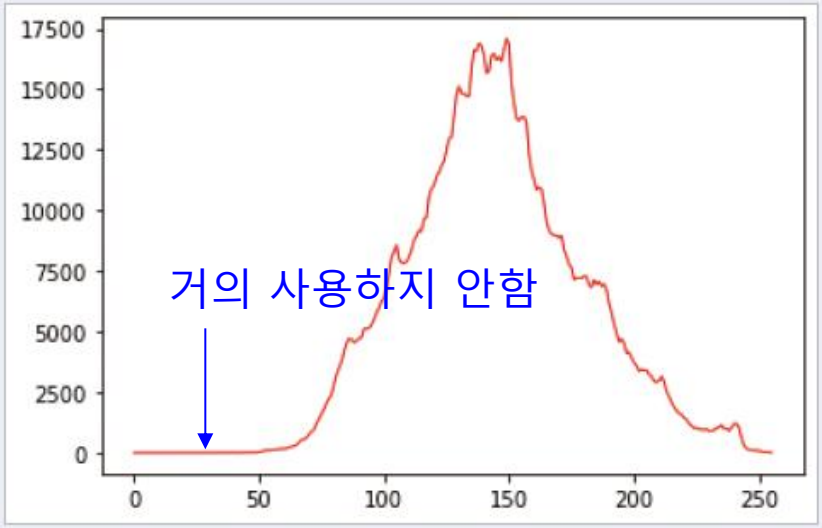
그림 3-15 히스토그램 평활화된 영상

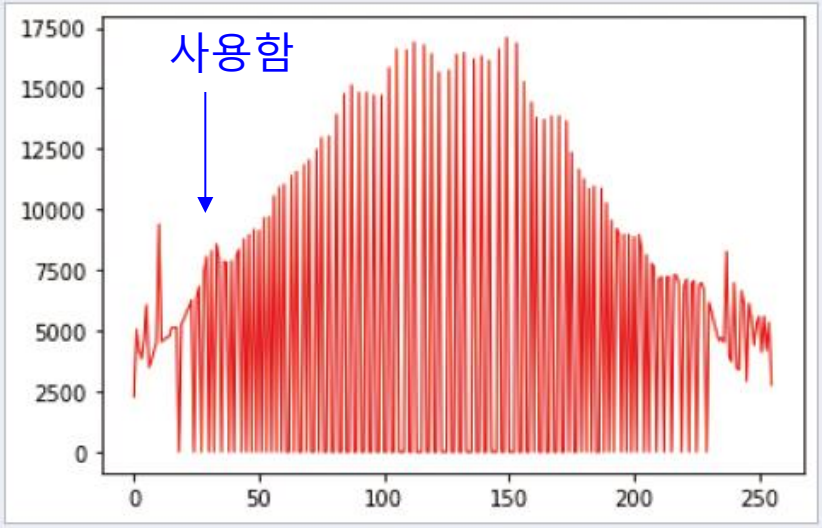
히스토그램 평활화

프로그램 3-6 히스토그램 평활화하기

```
01  import cv2 as cv
02  import matplotlib.pyplot as plt
03
04  img=cv.imread('mistyroad.jpg')
05
06  gray=cv.cvtColor(img,cv.COLOR_BGR2GRAY)          # 명암 영상으로 변환하고 출력
07  plt.imshow(gray,cmap='gray'), plt.xticks([]), plt.yticks([]), plt.show()
08
09  h=cv.calcHist([gray],[0],None,[256],[0,256])     # 히스토그램을 구해 출력
10  plt.plot(h,color='r',linewidth=1), plt.show()
11
12  equal=cv.equalizeHist(gray)                      # 히스토그램을 평활화하고 출력
13  plt.imshow(equal,cmap='gray'), plt.xticks([]), plt.yticks([]), plt.show()
14
15  h=cv.calcHist([equal],[0],None,[256],[0,256])    # 히스토그램을 구해 출력
16  plt.plot(h,color='r',linewidth=1), plt.show()
```

히스토그램 평활화


17500
15000
12500
10000
7500
5000
2500
0
0
50
100
150
200
250
거의 사용하지 안함


17500
15000
12500
10000
7500
5000
2500
0
0
50
100
150
200
250
사용함

영역 연산

영역 연산

- 영역 연산은 이웃 화소를 고려해서 새로운 값을 결정
- 주로 컨볼루션 연산을 통해 이루어짐

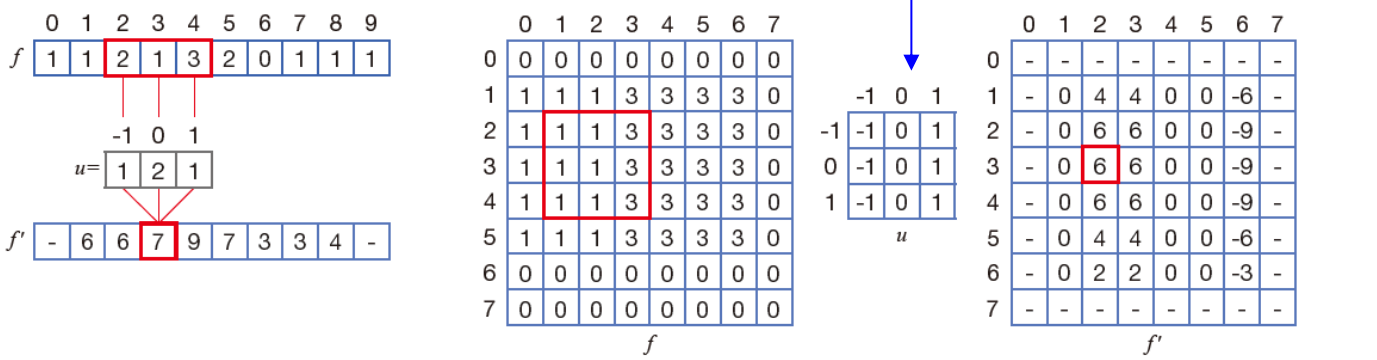
컨볼루션

- 컨볼루션은 각 화소에 필터 u를 적용해 곱의 합을 구하는 연산

$$f'(x) = \sum_{i=-(w-1)/2}^{(w-1)/2} u(i) f(x+i) \qquad (3.7)$$

$$f'(y,x) = \sum_{j=-(h-1)/2}^{(h-1)/2} \sum_{i=-(w-1)/2}^{(w-1)/2} u(j,i) f(y+j,x+i) \qquad (3.8)$$

- 예시



(a) 1차원 영상에 컨볼루션 적용 (b) 2차원 영상에 컨볼루션 적용

그림 3-16 컨볼루션의 원리

다양한 필터

- 목적에 따라 다양한 필터 사용

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

그림 3-17 잡음 제거와 대비 향상을 위한 필터

다양한 필터

- 가우시안 필터

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

$$\text{2차원 가우시안: } g(y,x) = \frac{1}{\sigma^2 2\pi} e^{-\frac{y^2+x^2}{2\sigma^2}} \qquad (3.9)$$

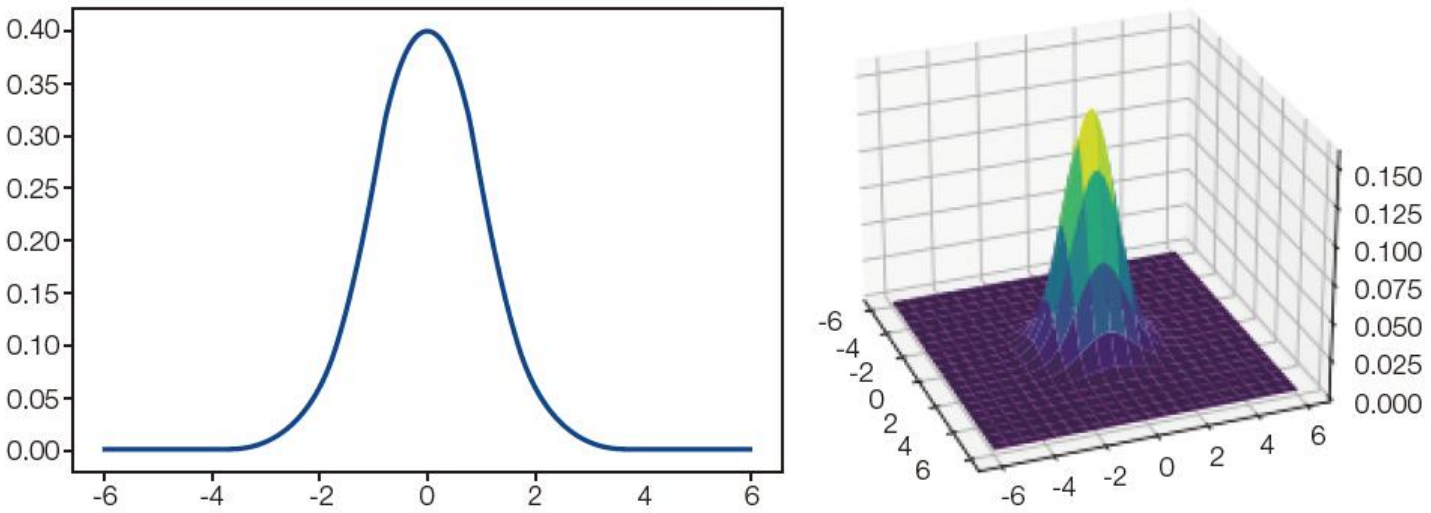


그림 3-18 1차원과 2차원 가우시안 함수

데이터 형과 컨볼루션

- 연산 결과를 저장하는 변수의 유효 값 범위
  - OpenCV는 주의를 기울여 작성되어 있음
  - 때로 프로그래머가 직접 신경 써야 하는 경우 있음. 예) filter2D 함수

- 데이터 형
  - Opencv는 영상 화소를 주로 numpy.uint8 형으로 표현 ([0,255] 범위)

```
In [1]: print(type(img[0,0,0]))
        numpy.uint8
```

  - [0,255] 범위를 벗어나는 경우 문제 발생

```
In [2]: a=np.array([-3,-2,-1,0,1,254,255,256,257,258],dtype=np.uint8)
In [3]: print(a)
        [253 254 255   0   1 254 255   0   1   2]
```

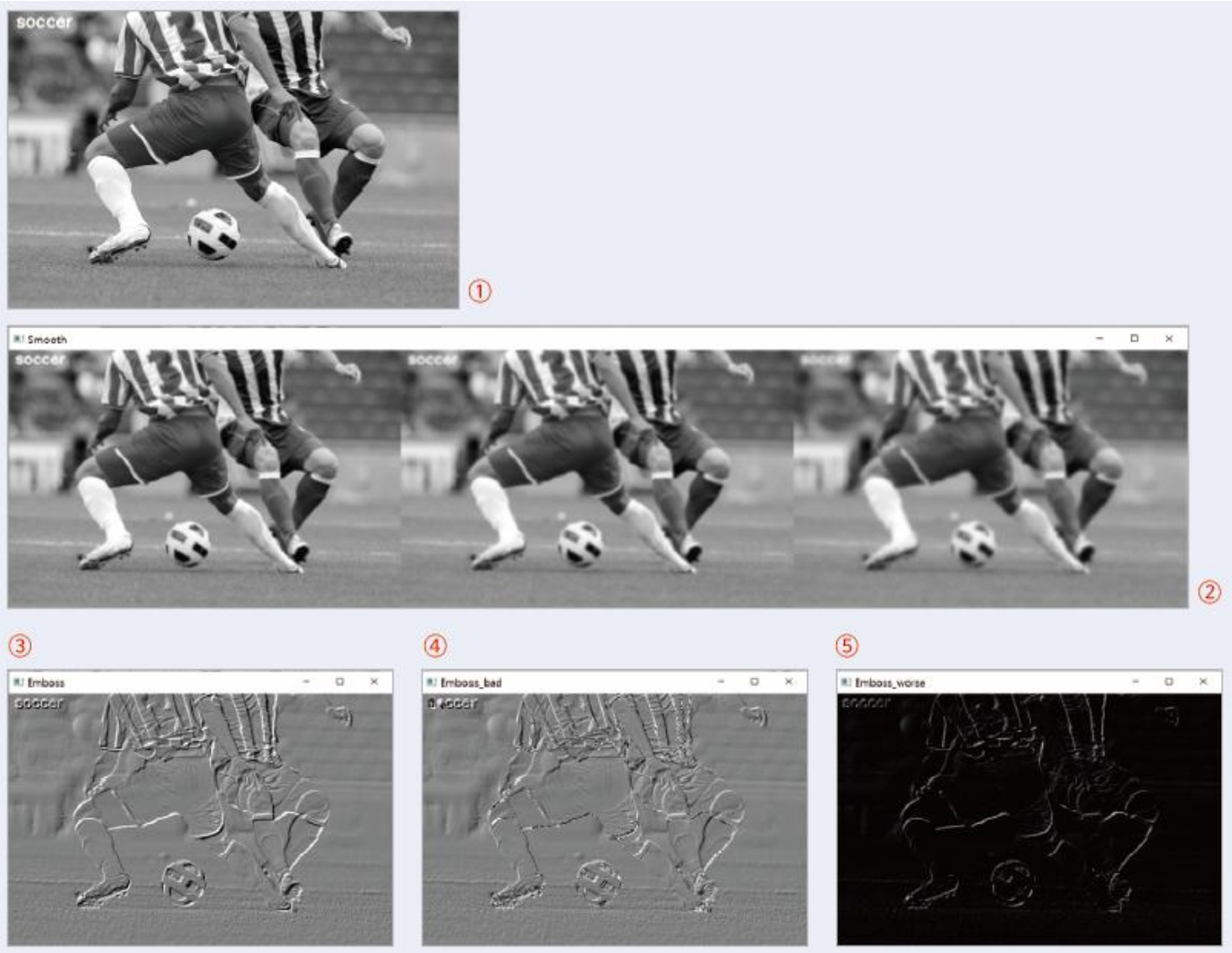
  - 예) 엠보싱의 경우 [-255~255] 발생하는데 어떻게 해결하나?

데이터 형과 컨볼루션

프로그램 3-7 컨볼루션 적용(가우시안 스무딩과 엠보싱)하기

```
01  import cv2 as cv
02  import numpy as np
03
04  img=cv.imread('soccer.jpg')
05  img=cv.resize(img,dsize=(0,0),fx=0.4,fy=0.4)
06  gray=cv.cvtColor(img,cv.COLOR_BGR2GRAY)
07  cv.putText(gray,'soccer',(10,20),cv.FONT_HERSHEY_SIMPLEX,0.7,(255,255,255),2)
08  cv.imshow('Original',gray) ①
09
10  smooth=np.hstack((cv.GaussianBlur(gray,(5,5),0.0),cv.
                  GaussianBlur(gray,(9,9),0.0),cv.GaussianBlur(gray,(15,15),0.0)))
11  cv.imshow('Smooth',smooth) ②
12
13  femboss=np.array([[-1.0, 0.0, 0.0],
14                    [ 0.0, 0.0, 0.0],
15                    [ 0.0, 0.0, 1.0]])
16
17  gray16=np.int16(gray)
18  emboss=np.uint8(np.clip(cv.filter2D(gray16,-1,femboss)+128,0,255))
19  emboss_bad=np.uint8(cv.filter2D(gray16,-1,femboss)+128)
20  emboss_worse=cv.filter2D(gray,-1,femboss)
21
22  cv.imshow('Emboss',emboss) ③
23  cv.imshow('Emboss_bad',emboss_bad) ④
24  cv.imshow('Emboss_worse',emboss_worse) ⑤
25
26  cv.waitKey()
27  cv.destroyAllWindows()
```

데이터 형과 컨볼루션



기하 연산

기하 연산

- 기하 연산이 정해준 위치의 화소에서 값을 가져옴
  - 주로 물체의 이동, 크기, 회전에 따른 기하 변환

동차 좌표와 동차 행렬

- 동차 좌표homogeneous coordinate
  - 2차원 좌표에 1을 추가해 3차원 벡터로 표현
  - 3개 요소에 같은 값을 곱하면 같은 좌표. 예) (-2,4,1)과 (-4,8,2)는 (-2,4)에 해당

$$\bar{p} = (x, y, 1) \qquad (3.10)$$

- 여러 가지 기하 변환

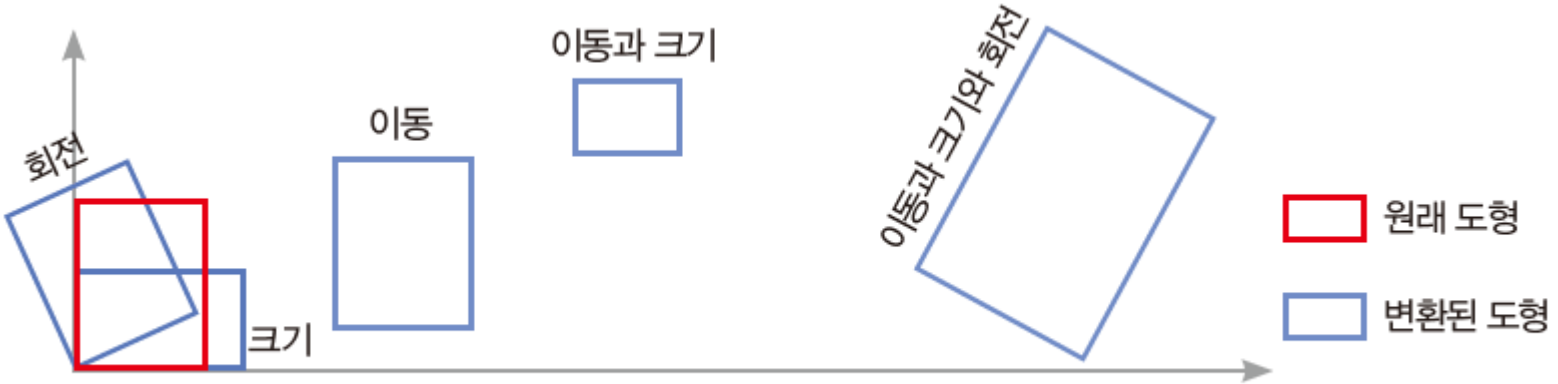


그림 3-19 여러 가지 기하 변환

동차 좌표와 동차 행렬

- 기하 연산을 동차 행렬homogeneous matrix로 표현
  - [표 3-1] 변환은 모두 어파인 변환affine transform: 평행을 평행으로 유지

표 3-1 3가지 기하 변환

기하 변환	동차 행렬	설명
이동	$\mathrm{T}(t_x, t_y) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$	x 방향으로 t_x, y 방향으로 t_y만큼 이동
회전	$\mathrm{R}(\theta) = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$	원점을 중심으로 반시계 방향으로 θ만큼 회전
크기	$\mathrm{S}(s_x, s_y) = \begin{pmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$	x 방향으로 s_x, y 방향으로 s_x만큼 크기 조정(1보다 크면 확대, 1보다 작으면 축소)

동차 좌표와 동차 행렬

- [예시 3-5] 동차 행렬을 이용한 기하 변환
  - 정사각형을 x 방향으로 2, y 방향으로 -1만큼 이동한 다음 반시계 방향으로 30도 회전

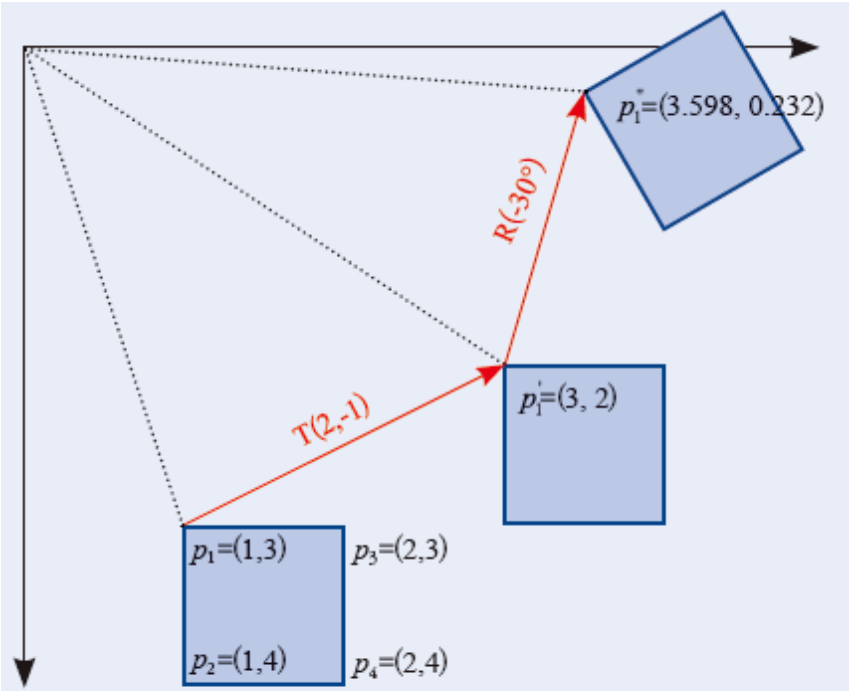


그림 3-20 동차 행렬을 이용한 기하 변환

동차 좌표와 동차 행렬

- 변환을 위한 동차 행렬

$$\mathrm{T}(2,-1)=\begin{pmatrix}1 & 0 & 2\\ 0 & 1 & -1\\ 0 & 0 & 1\end{pmatrix},\quad \mathrm{R}(30^\circ)=\begin{pmatrix}0.8660 & 0.5000 & 0\\ -0.5000 & 0.8660 & 0\\ 0 & 0 & 1\end{pmatrix}$$

- 이동 적용

$$\overline{p}_1^{'\mathrm{T}}=\mathrm{T}(2,-1)\,\overline{p}_1^{\mathrm{T}}=\begin{pmatrix}1 & 0 & 2\\ 0 & 1 & -1\\ 0 & 0 & 1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}1\\ 3\\ 1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}3\\ 2\\ 1\end{pmatrix}$$

- 회전 적용

$$\overline{p}_1^{''\mathrm{T}}=\mathrm{R}(30^\circ)\,\overline{p}_1^{'\mathrm{T}}=\begin{pmatrix}0.8660 & 0.5000 & 0\\ -0.5000 & 0.8660 & 0\\ 0 & 0 & 1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}3\\ 2\\ 1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}3.598\\ 0.232\\ 1\end{pmatrix}$$

동차 좌표와 동차 행렬

- 동차 행렬을 이용하면 계산이 효율적임
  - 복합 변환을 위한 행렬을 미리 곱해 놓으면, 모든 점에 대해 한번의 행렬 곱셈으로 기하 변환 가능(행렬 곱셈은 결합 법칙 성립)

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

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

영상의 기하 변환

- 화소 좌표에 동차 행렬 적용하여 기하 변환
  - 값을 받지 못하는 화소가 생기는 에일리어싱aliasing 현상 가능성
  - 후방 연산을 통한 안티 에일리어싱

그림 3-21 영상의 기하 변환

영상 보간

- 실수 좌표를 정수로 변환하는 방법
  - 최근접 이웃 방법: 반올림 사용(에일리어싱 발생)
  - 양선형 보간법: 걸치는 비율에 따라 선형 곱을 함으로써 안티 에일리어싱

$$f(j',i') = \alpha\beta f(j,i) + (1-\alpha)\beta f(j,i+1) + \alpha(1-\beta) f(j+1,i) + (1-\alpha)(1-\beta) f(j+1,i+1) \quad (3.11)$$

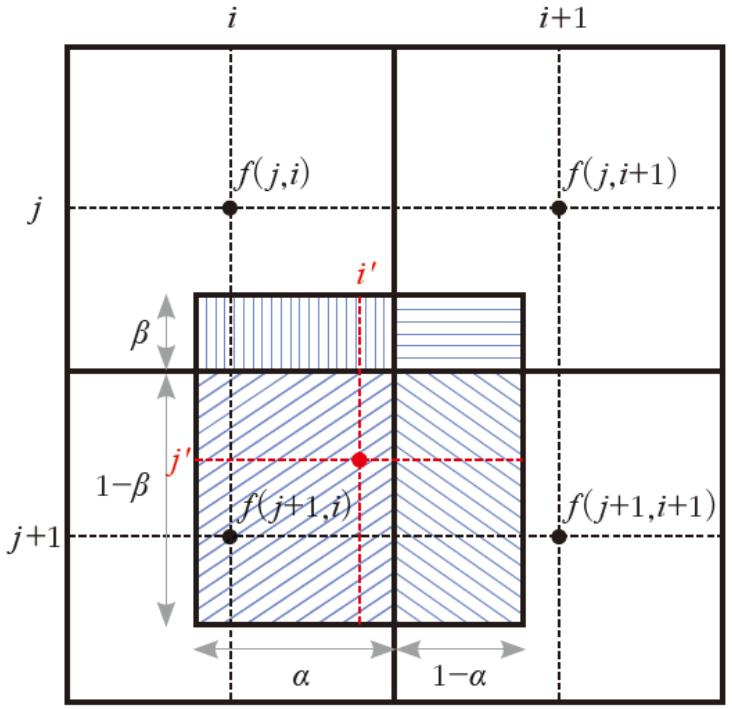


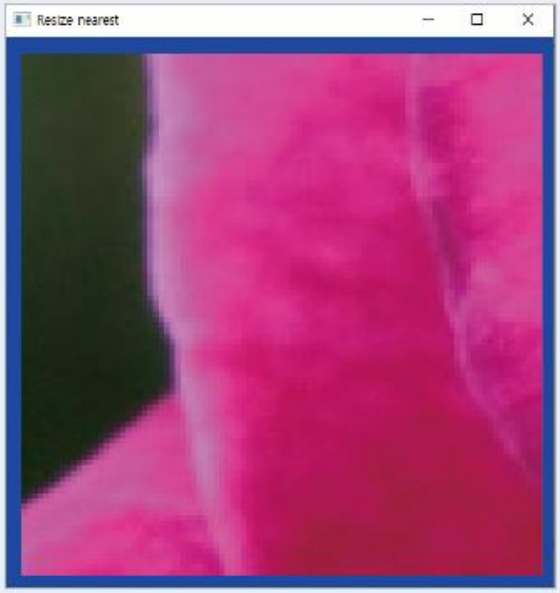
그림 3-22 실수 좌표의 화솟값을 보간하는 과정

영상 보간

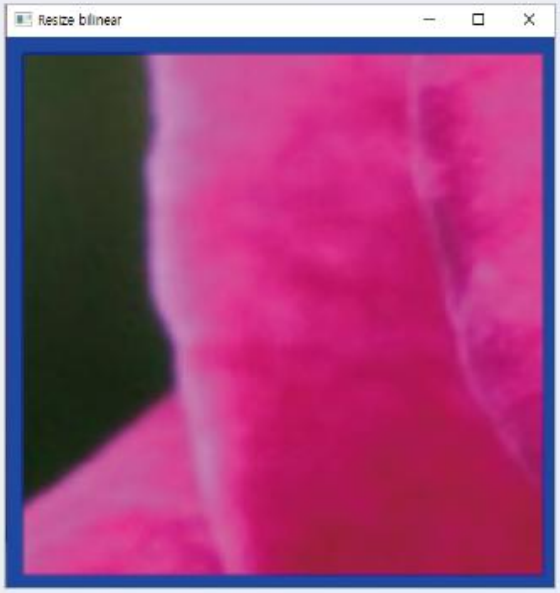
프로그램 3-8 보간을 이용해 영상의 기하 변환하기

```
01  import cv2 as cv
02
03  img=cv.imread('rose.png')
04  patch=img[250:350,170:270,:]
05
06  img=cv.rectangle(img,(170,250),(270,350),(255,0,0),3)
07  patch1=cv.resize(patch,dsize=(0,0),fx=5,fy=5,interpolation=cv.INTER_NEAREST)
08  patch2=cv.resize(patch,dsize=(0,0),fx=5,fy=5,interpolation=cv.INTER_LINEAR)
09  patch3=cv.resize(patch,dsize=(0,0),fx=5,fy=5,interpolation=cv.INTER_CUBIC)
10
11  cv.imshow('Original',img)
12  cv.imshow('Resize nearest',patch1)
13  cv.imshow('Resize bilinear',patch2)
14  cv.imshow('Resize bicubic',patch3)
15
16  cv.waitKey()
17  cv.destroyAllWindows()
```

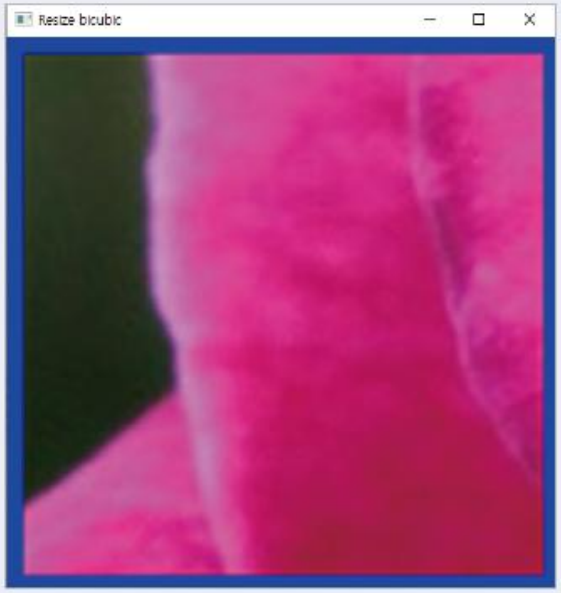
영상 보간



최근접 이웃



양선형 보간



양3차 보간

OpenCV의 계산 효율

OpenCV의 시간 효율

- 컴퓨터 비전은 인식 정확률 뿐 아니라 시간 효율도 중요
  - 특히 실시간 처리가 요구되는 응용

- OpenCV는 효율적으로 구현되었기 때문에 OpenCV 함수를 사용하는 것이 유리
  - C/C++로 구현하고 인텔 마이크로프로세서에 최적화

- 직접 구현하는 경우 파이썬의 배열 연산 사용하는 것이 유리

OpenCV의 시간 효율

프로그램 3-9 직접 작성한 함수와 OpenCV가 제공하는 함수의 시간 비교하기

```
01  import cv2 as cv
02  import numpy as np
03  import time
04
05  def my_cvtGray1(bgr_img):
06      g=np.zeros([bgr_img.shape[0],bgr_img.shape[1]])
07      for r in range(bgr_img.shape[0]):
08          for c in range(bgr_img.shape[1]):
09              g[r,c]=0.114*bgr_img[r,c,0]+0.587*bgr_img[r,c,1]+0.299*bgr_img[r,c,2]
10      return np.uint8(g)
11
12  def my_cvtGray2(bgr_img):
13      g=np.zeros([bgr_img.shape[0],bgr_img.shape[1]])
14      g=0.114*bgr_img[:,:,0]+0.587*bgr_img[:,:,1]+0.299*bgr_img[:,:,2]
15      return np.uint8(g)
16
```

OpenCV의 시간 효율

```
17  img=cv.imread('girl_laughing.png')
18
19  start=time.time()
20  my_cvtGray1(img)
21  print('My time1:',time.time()-start) ①
22
23  start=time.time()
24  my_cvtGray2(img)
25  print('My time2:',time.time()-start) ②
26
27  start=time.time()
28  cv.cvtColor(img,cv.COLOR_BGR2GRAY)
29  print('OpenCV time:',time.time()-start) ③
```

```
My time1: 4.798288106918335 ①
My time2: 0.015836000442504883 ②
OpenCV time: 0.013601541519165039 ③
```