

영상 처리 기법

김성영교수
금오공과대학교
컴퓨터공학부

학습 목표

- 단일 픽셀 처리 기법의 의미를 설명할 수 있다.
- 단일 픽셀 처리 기법의 종류를 구분하여 설명할 수 있다.
 - 영상 대수 기법을 구분하여 설명할 수 있다.
 - 그레이 스케일 변경이란 무엇인지 설명할 수 있다.
 - 히스토그램 변경이란 무엇인지 설명할 수 있다.
- 픽셀 그룹 처리 기법의 의미를 설명할 수 있다.
- 컨볼루션 연산 및 경계 처리 방법에 대해 설명할 수 있다.
- 픽셀 그룹 처리 기법의 종류를 구분하여 설명할 수 있다.
 - 평활화의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.
 - 첨예화의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.
 - 에지 검출의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.

Pixel Point Processing

□ 이웃 픽셀과는 독립적으로 입력 영상의 각 픽셀 값을 변환한 후 결과 영상의 동일한 위치에 출력하는 연산

□ 영상의 밝기 및 대비 조정

- 영상 밝기 (Image brightness): 영상의 픽셀 값에 대한 전반적인 밝기 정도
- 영상 대비 (Image contrast): 영상 내의 gray level 분포 및 범위에 대한 측도
 - the difference between the brightness and darkest pixel values and
 - how the intermediate values are arranged

● 주요 처리 방법

- 영상 대수 (Image Algebra): 단일 영상 혹은 다중 영상에 적용 가능
- 그레이 스케일 변경 (Gray-Scale Modification)
- 히스토그램 변경 (Histogram Modification)

학습 목표

- 단일 픽셀 처리 기법의 의미를 설명할 수 있다.
- 단일 픽셀 처리 기법의 종류를 구분하여 설명할 수 있다.
 - 영상 대수 기법을 구분하여 설명할 수 있다.
 - 그레이 스케일 변경이란 무엇인지 설명할 수 있다.
 - 히스토그램 변경이란 무엇인지 설명할 수 있다.
- 픽셀 그룹 처리 기법의 의미를 설명할 수 있다.
- 컨볼루션 연산 및 경계 처리 방법에 대해 설명할 수 있다.
- 픽셀 그룹 처리 기법의 종류를 구분하여 설명할 수 있다.
 - 평활화의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.
 - 첨예화의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.
 - 에지 검출의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.

산술 연산: 단일영상

□ 덧셈 연산

- 일정한 값을 더하여 영상을 밝게 만들

□ 뺄셈 연산

- 일정한 값을 빼서 영상을 어둡게 만들

□ 곱셈 연산

- 픽셀의 값에 비례하여 영상의 밝기를 증가시킴
 - 밝은 곳은 더욱 밝게, 어두운 곳은 조금 밝게 하여 영상의 contrast를 향상

□ 나눗셈 연산

- 픽셀의 값에 비례하여 영상의 밝기를 감소시킴
 - 영상의 contrast를 감소
- 움직임의 찾아내거나 조명의 비균일성을 바로잡는데 사용

산술 연산: 단일영상

cont'd



덧셈 연산 (+50)



뺄셈 연산 (-50)



곱셈 연산 (*1.2)



나눗셈 연산 (/1.2)

산술 연산: 다중영상

□ 덧셈 연산



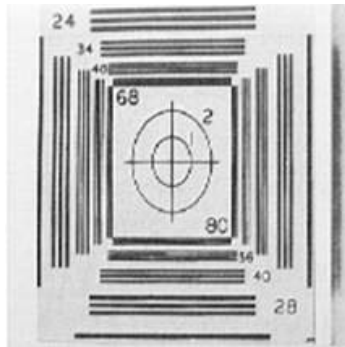
First Original



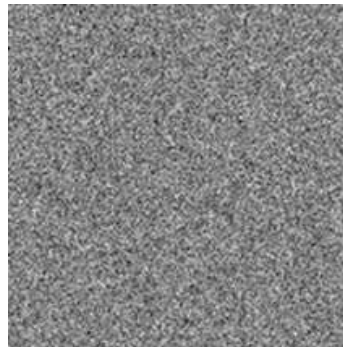
Second Original



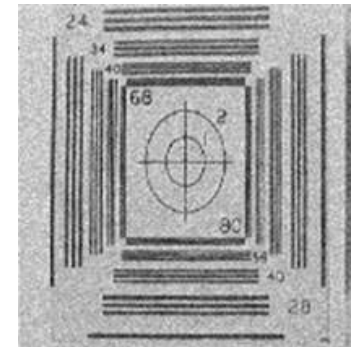
Addition of images



Original image



Gaussian noise



Addition of images

□ 뺄셈 연산



a. Original scene



b. Same scene later



Subtraction of scene a from scene b



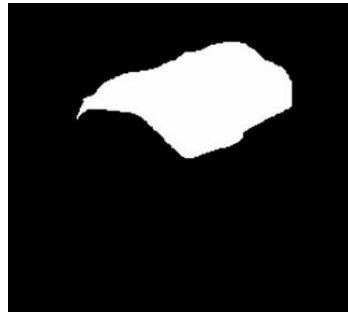
Subtracted image with thresholding

논리 연산

- 마스크 처리, 특징 추출, 형태 분석 등에 사용
 - 마스크 처리를 위한 마스크는 주로 이진 영상을 사용
- AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR 등



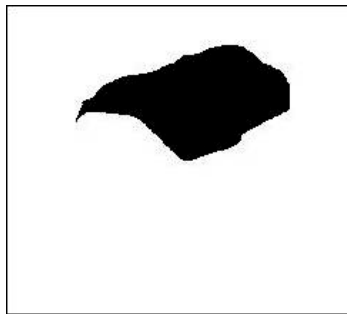
a. Original image



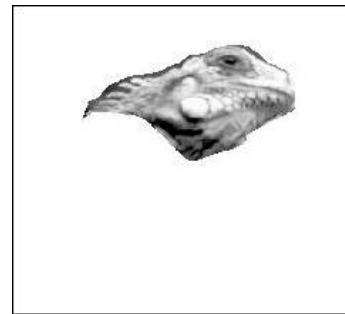
b. Image mask (AND)



c. ANDing a and b



d. Image mask (OR)



e. ORing a and d



Lab.

학습 목표

- 단일 픽셀 처리 기법의 의미를 설명할 수 있다.
- 단일 픽셀 처리 기법의 종류를 구분하여 설명할 수 있다.
 - 영상 대수 기법을 구분하여 설명할 수 있다.
 - **그레이 스케일 변경이란 무엇인지 설명할 수 있다.**
 - 히스토그램 변경이란 무엇인지 설명할 수 있다.
- 픽셀 그룹 처리 기법의 의미를 설명할 수 있다.
- 컨볼루션 연산 및 경계 처리 방법에 대해 설명할 수 있다.
- 픽셀 그룹 처리 기법의 종류를 구분하여 설명할 수 있다.
 - 평활화의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.
 - 첨예화의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.
 - 에지 검출의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.

Gray–Scale Modification

- 영상 밝기와 대비를 조정하기 위해 매핑 함수 사용

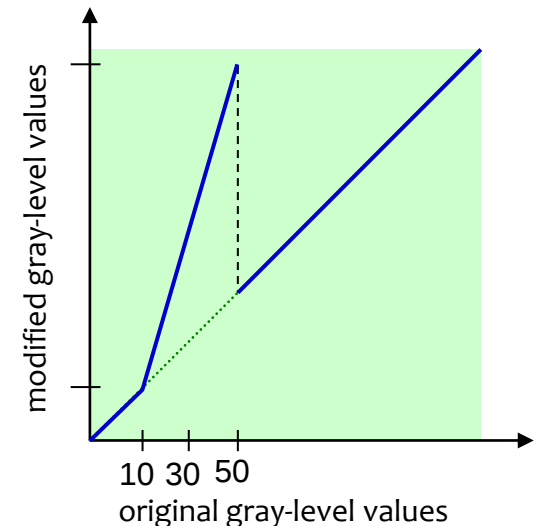
$$O(x, y) = M[I(x, y)]$$

- Ex) (10,50) 범위의 gray level을 (10,250) 범위로 확장

- $M[I(x, y)] = 6[I(x, y)] - 50$

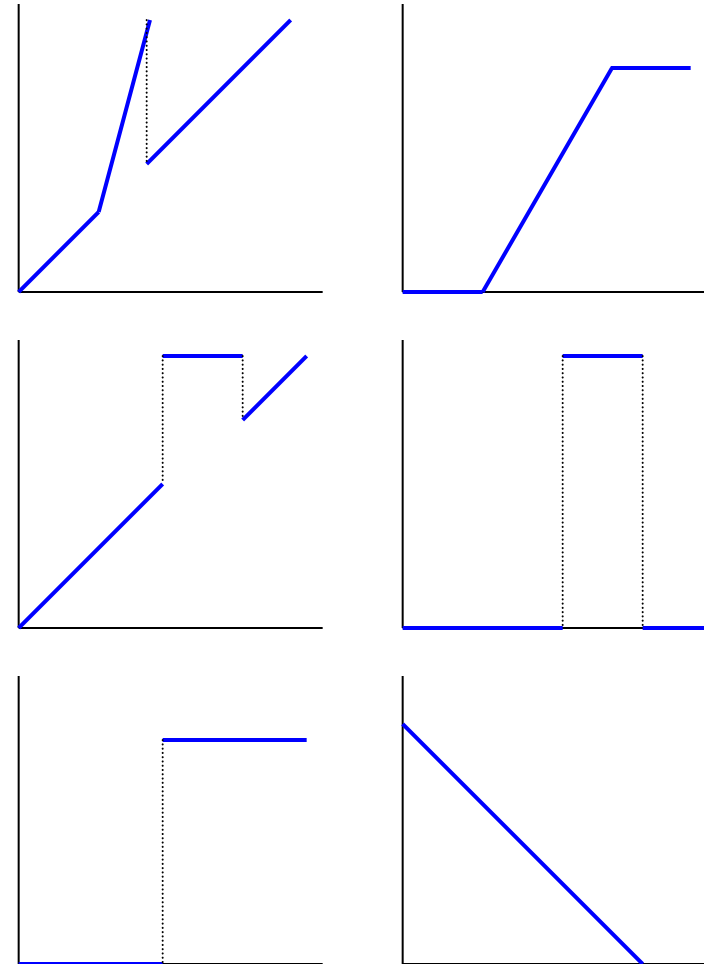
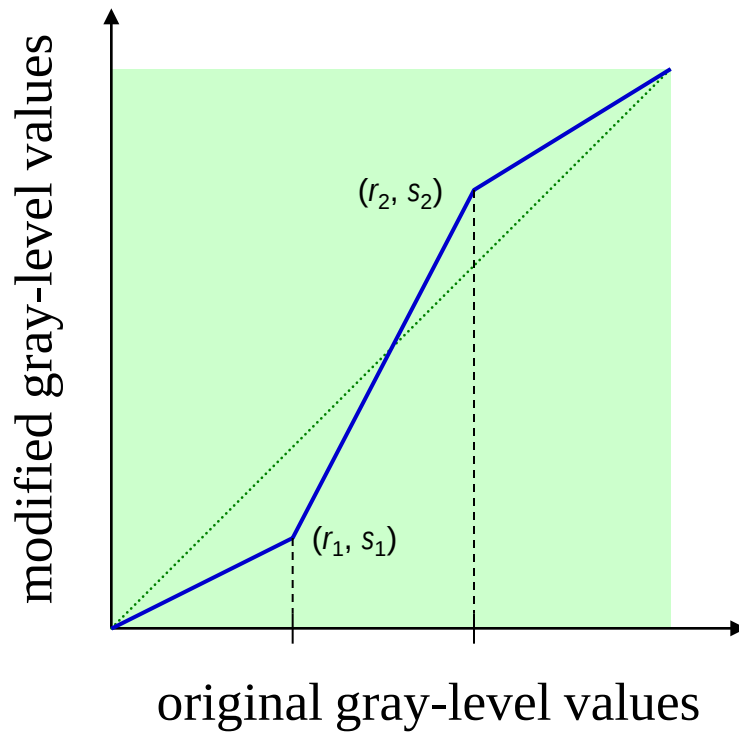
- 즉,

$$M[I(x, y)] = \begin{cases} I(x, y) & \text{for } 0 \leq I(x, y) < 10 \\ 6[I(x, y)] - 50 & \text{for } 10 \leq I(x, y) \leq 50 \\ I(x, y) & \text{for } 50 < I(x, y) \leq 255 \end{cases}$$



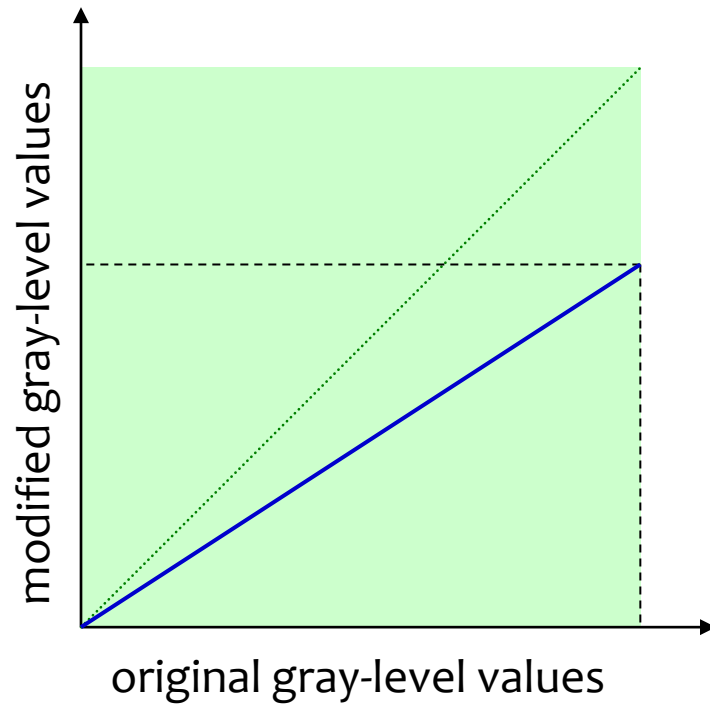
Gray–Scale Modification

cont'd

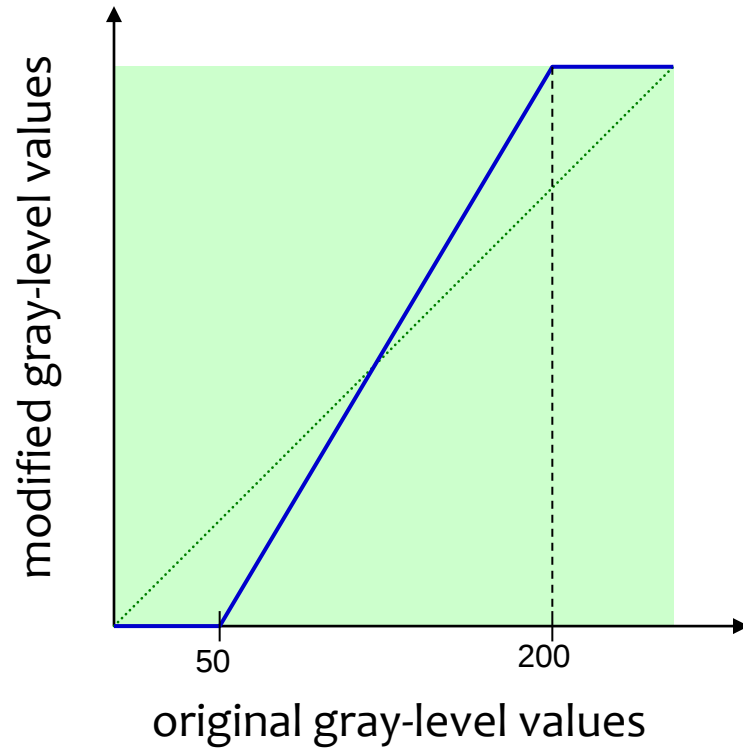


General Form of Gray-Scale Modification

Gray–Scale Compression

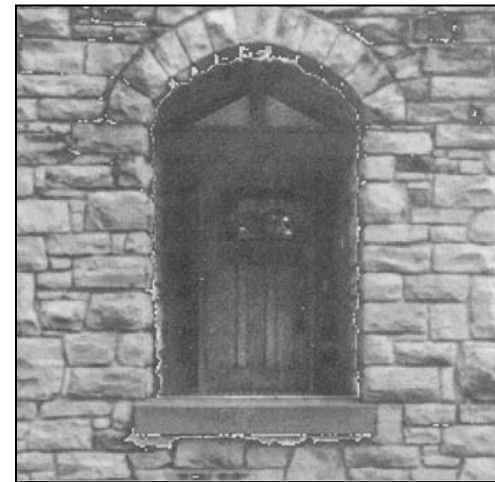
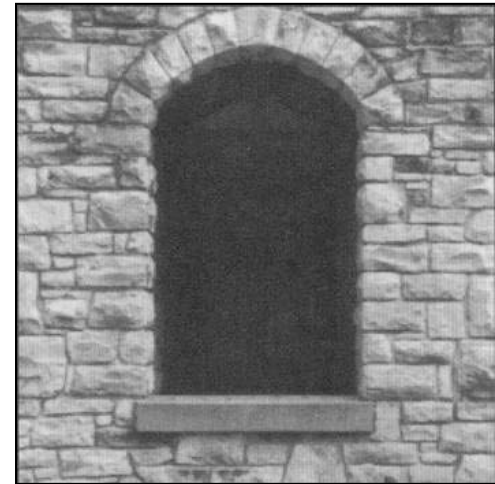
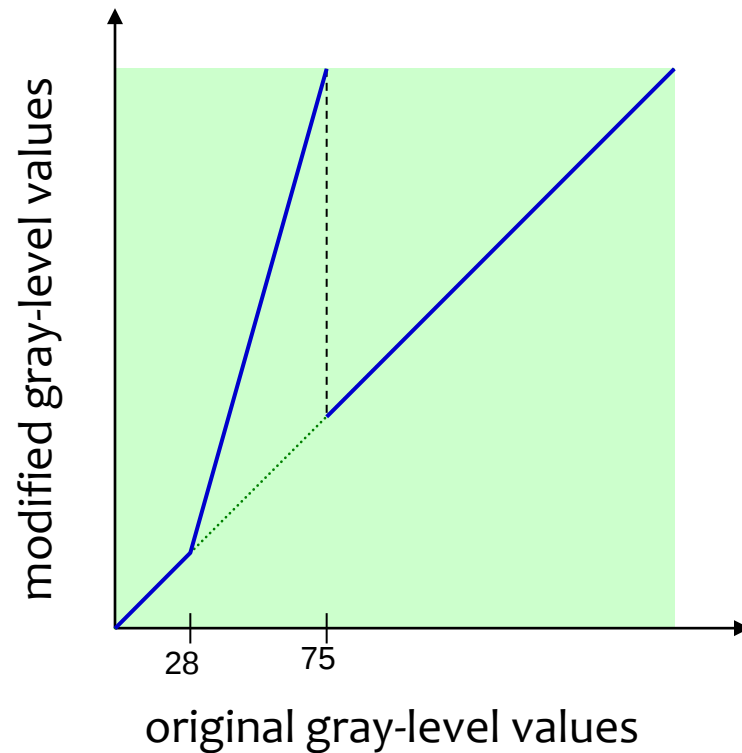


Gray–Scale Stretching

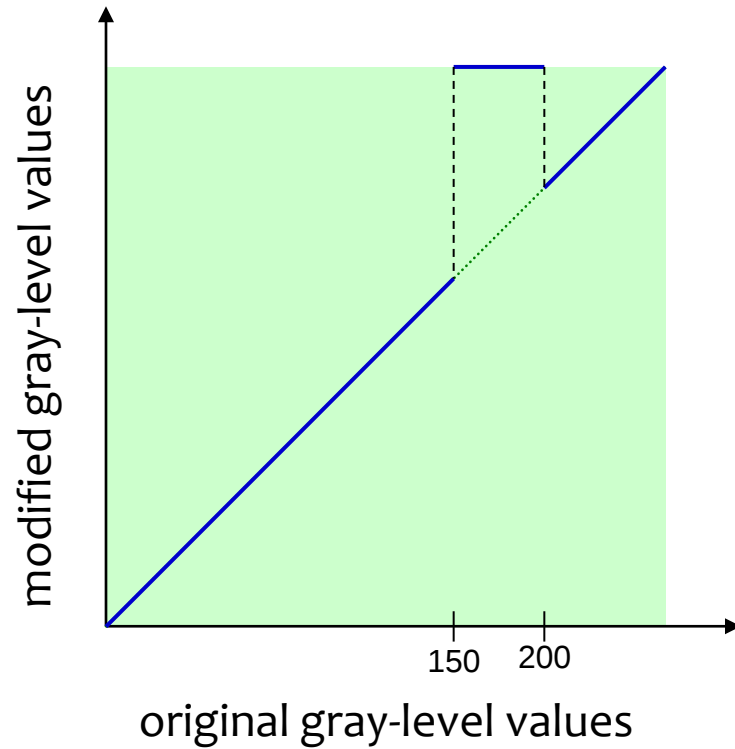


Gray–Scale Stretching

cont'd

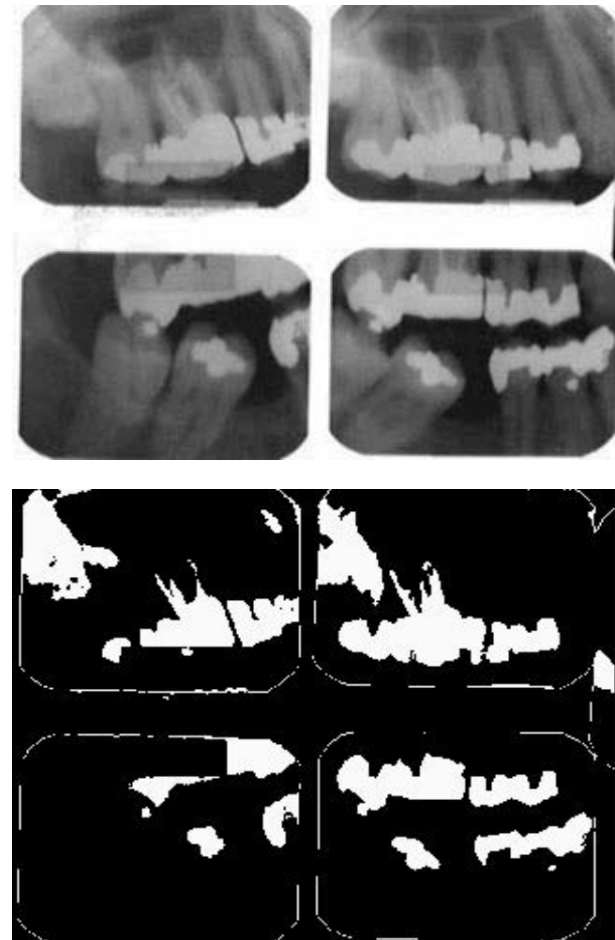
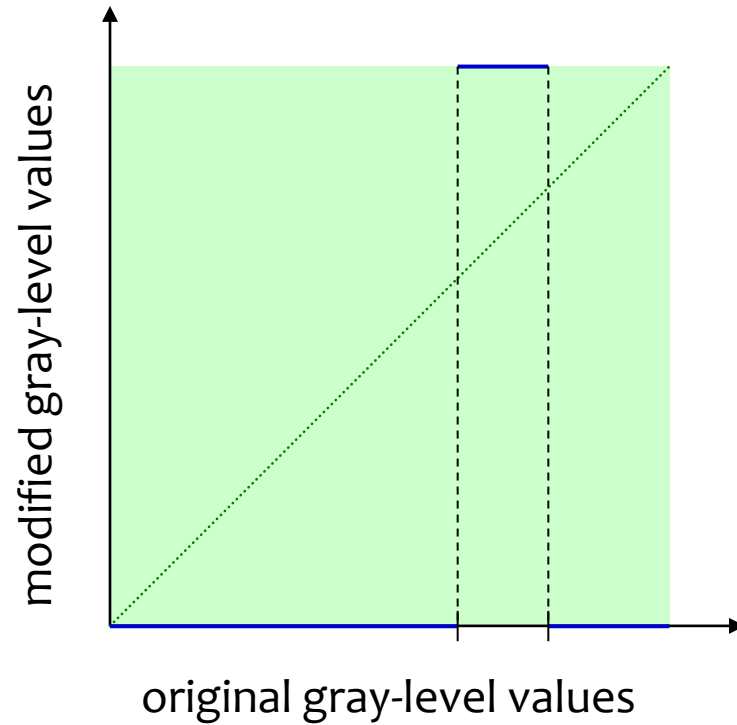


Gray-Level Slicing

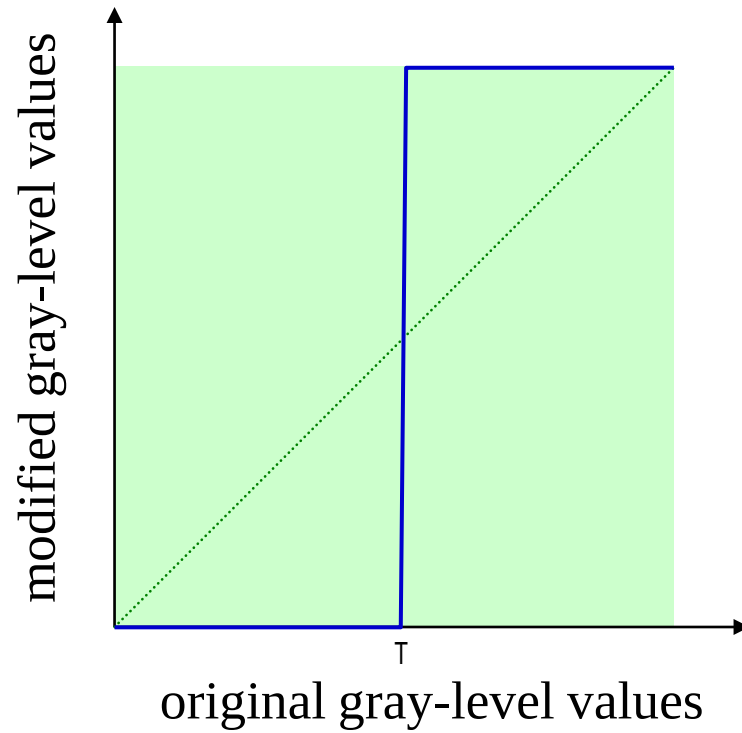


Gray-Level Slicing

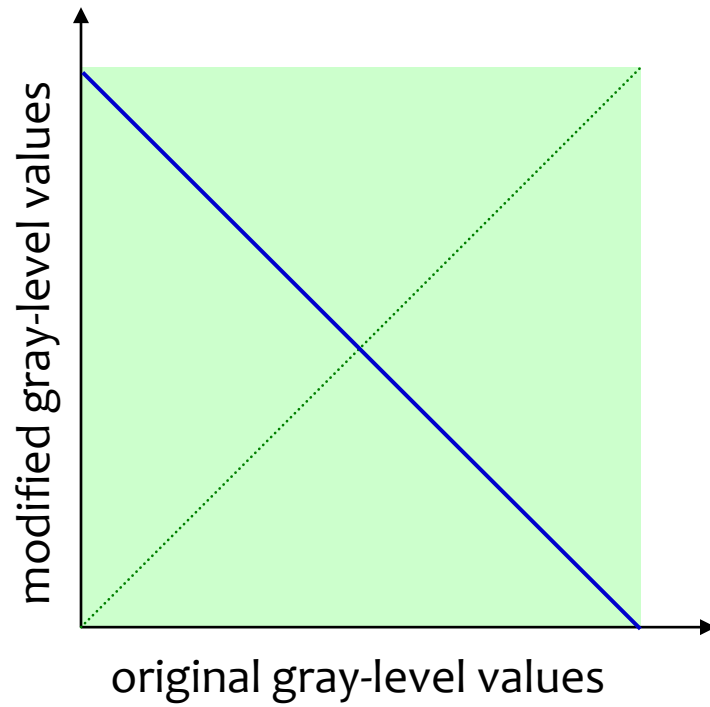
cont'd



Gray-Level Thresholding



Gray-Level Negation





Lab.

학습 목표

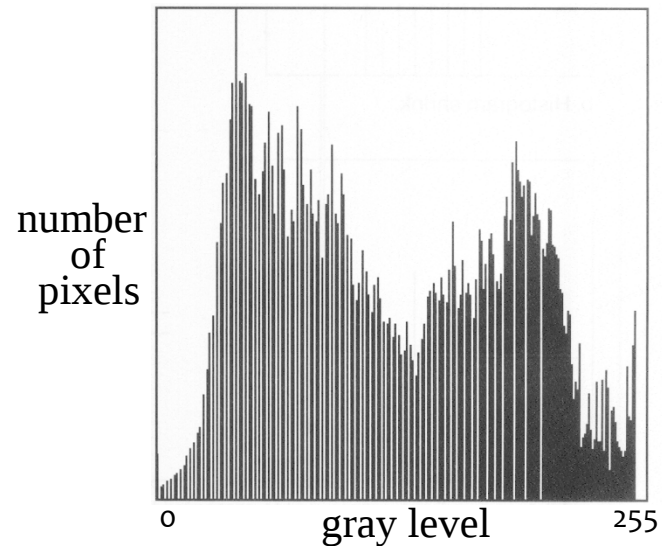
- 단일 픽셀 처리 기법의 의미를 설명할 수 있다.
- 단일 픽셀 처리 기법의 종류를 구분하여 설명할 수 있다.
 - 영상 대수 기법을 구분하여 설명할 수 있다.
 - 그레이 스케일 변경이란 무엇인지 설명할 수 있다.
 - **히스토그램 변경이란 무엇인지 설명할 수 있다.**
- 픽셀 그룹 처리 기법의 의미를 설명할 수 있다.
- 컨볼루션 연산 및 경계 처리 방법에 대해 설명할 수 있다.
- 픽셀 그룹 처리 기법의 종류를 구분하여 설명할 수 있다.
 - 평활화의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.
 - 첨예화의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.
 - 에지 검출의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.

Gray-Level Histogram

- 각 gray level을 갖는 픽셀의 수 혹은 총 픽셀 수에 대한 비율을 표시한 함수
 - 픽셀 값들을 막대그래프 혹은 직선그래프로 표시
- x축: gray level, y축: 픽셀의 수를 표시



8-bit grayscale image

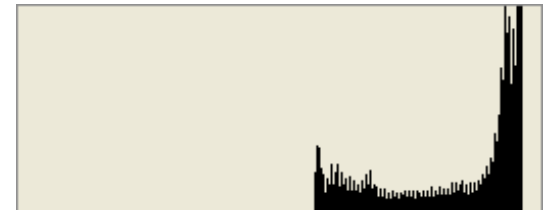
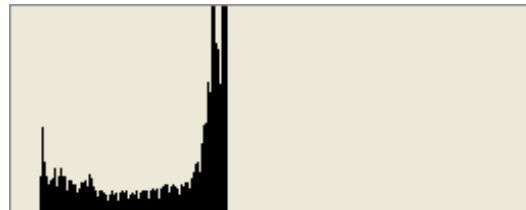
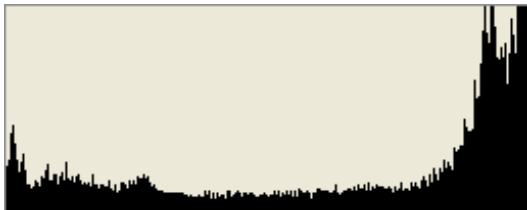


Histogram of the image

Gray-Level Histogram

cont'd

- with a small(wide) spread => low(high) contrast
- clustered at the low(high) end of the range
=>dark(bright) image

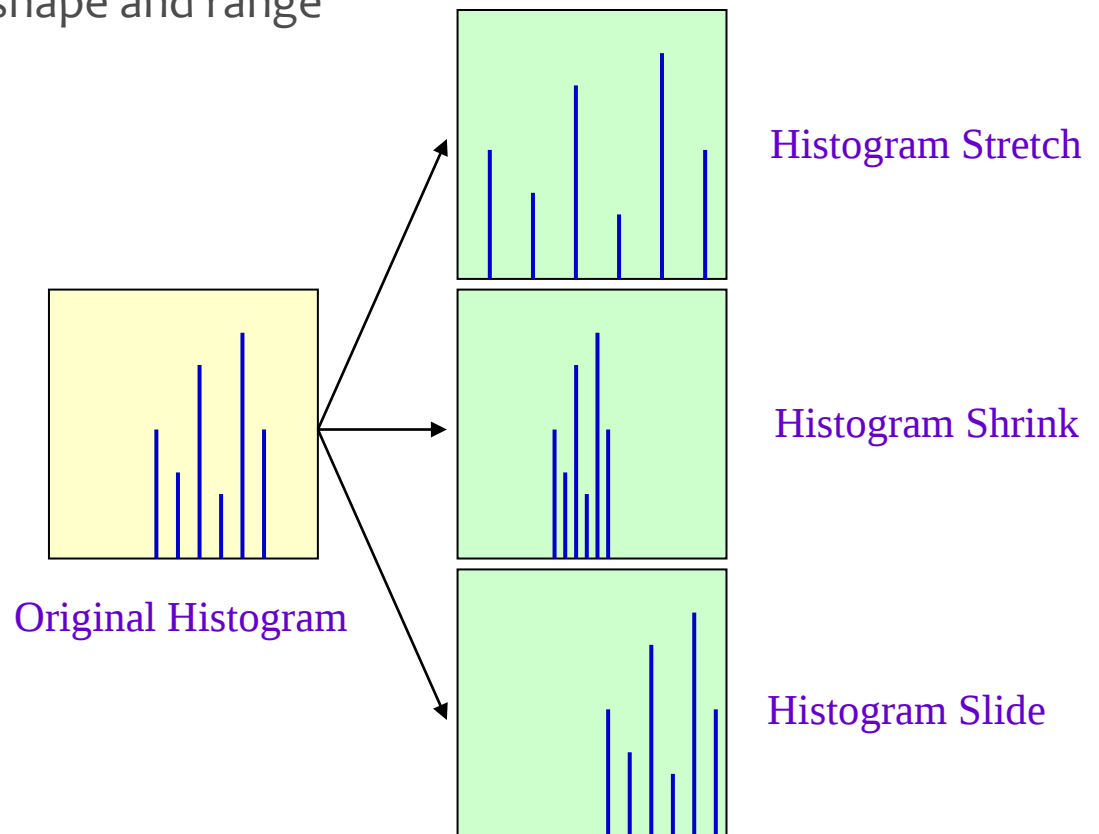


Histogram Modification

- 히스토그램에 기반을 두고 영상의 밝기 및 대비 변경
- Modification by a mapping function
 - Focus on the histogram shape and range

● Fields

- histogram stretching
- histogram shrinking
- histogram sliding
- histogram equalization



Histogram Stretching

- Increase contrast of a low contrast image
- Mapping Function

$$I'(x, y) = \left[\frac{S_{MAX} - S_{MIN}}{I_{MAX} - I_{MIN}} \right] [I(x, y) - I_{MIN}] + S_{MIN}$$

I_{MAX} : largest gray-level value in the image $I(x, y)$

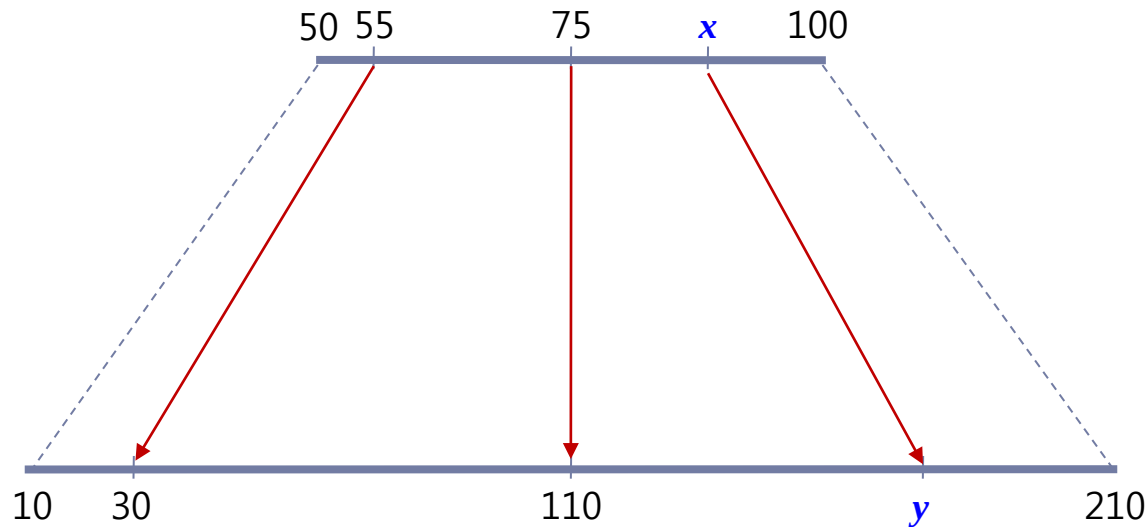
I_{MIN} : smallest gray-level value in $I(x, y)$

S_{MAX} : maximum desired gray-level value in the stretched histogram

S_{MIN} : minimum desired gray-level value in the stretched histogram

Histogram Stretching

cont'd



$$(100 - 50) : (x - 50) = (210 - 10) : (y - 10)$$

$$(y - 10) * (100 - 50) = (x - 50) * (210 - 10)$$

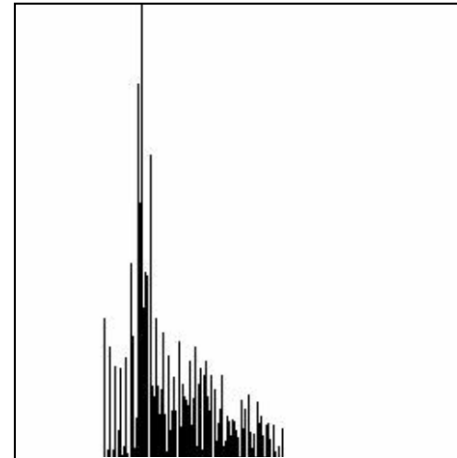
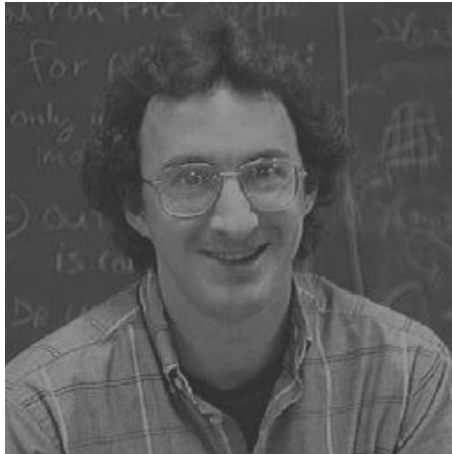
$$y = \frac{(x - 50) * (210 - 10)}{(100 - 50)} + 10 = \frac{(210 - 10)}{(100 - 50)} (x - 50) + 10$$

$$I'(x, y) = \frac{(S_{\max} - S_{\min})}{(I_{\max} - I_{\min})} (I(x, y) - I_{\min}) + S_{\min}$$

Histogram Stretching

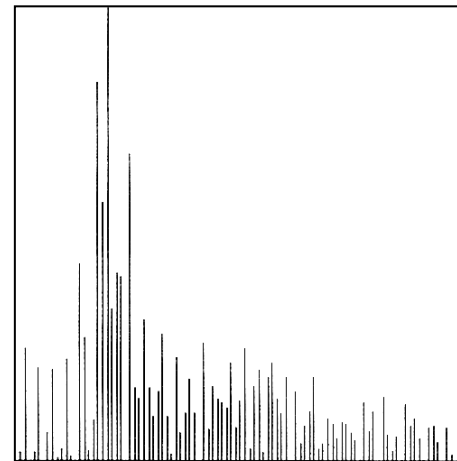
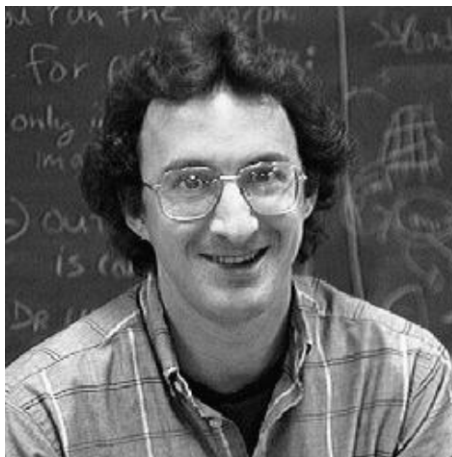
cont'd

Low-contrast
image



Histogram of
low-contrast
image

Image after
histogram
stretching

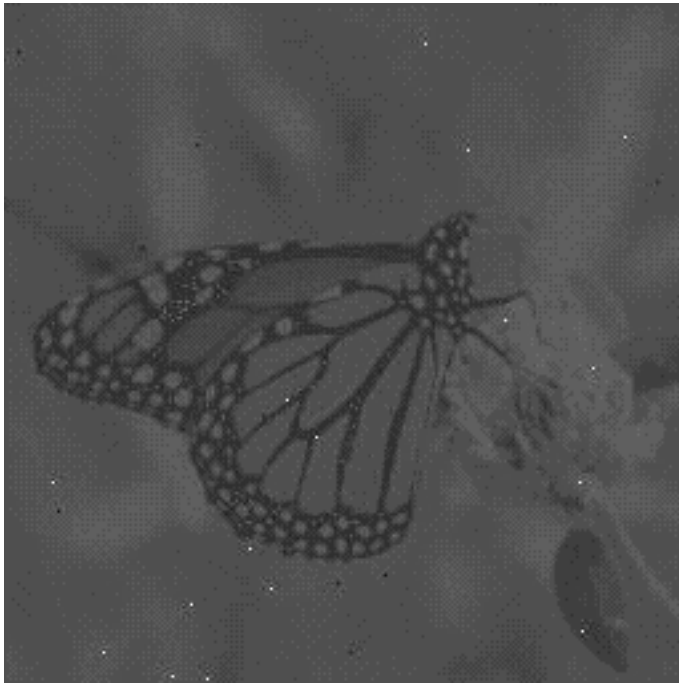


Histogram of
image after
stretching

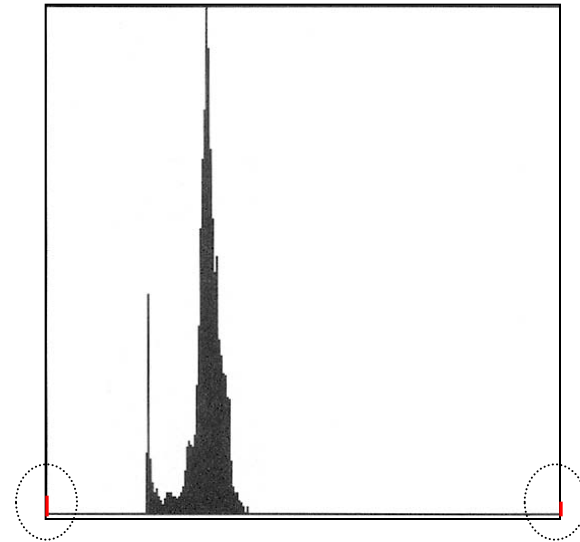
Histogram Stretching

cont'd

- 클리핑(Clipping)의 필요성



Original image

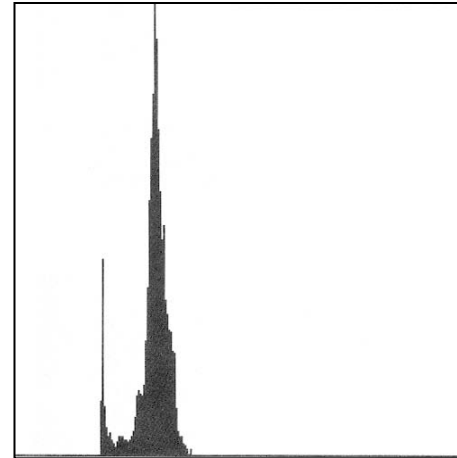
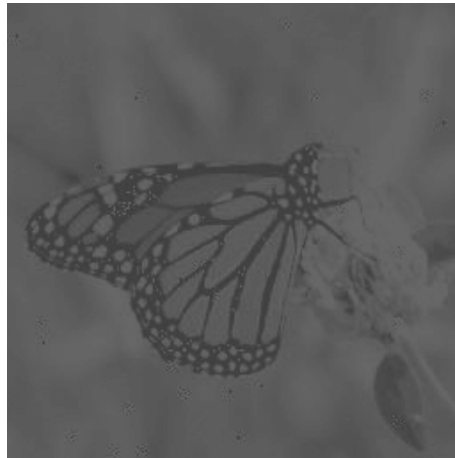


Histogram of original image

Histogram Stretching

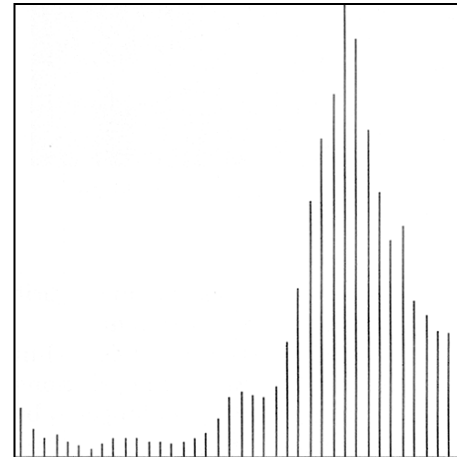
cont'd

histogram
stretching
without
clipping



Histogram
of image (c)

histogram
stretching with
clipping 3%
low and high
values



Histogram
of image (e)

Histogram Shrinking

- Decrease image contrast by compressing the gray levels
- Mapping Function

$$I'(x, y) = \left[\frac{S_{MAX} - S_{MIN}}{I_{MAX} - I_{MIN}} \right] [I(x, y) - I_{MIN}] + S_{MIN}$$

I_{MAX} : largest gray-level value in the image $I(x,y)$

I_{MIN} : smallest gray-level value in $I(x,y)$

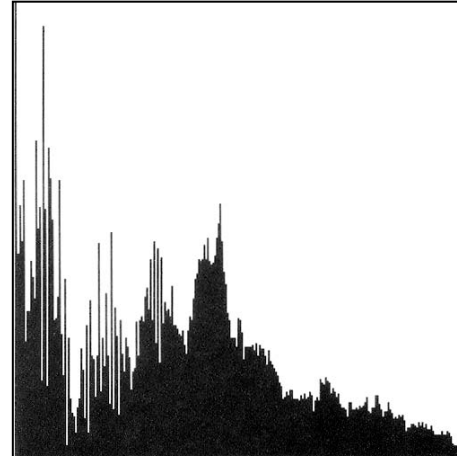
S_{MAX} : maximum desired in the compressed histogram

S_{MIN} : minimum desired in the compressed histogram

Histogram Shrinking

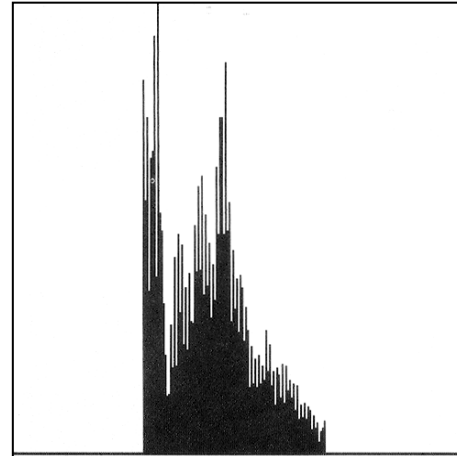
cont'd

Original image



Histogram
of original
image

Image after
shrinking
to the range
[75, 175]



Histogram
of shrunk
image

Histogram Sliding

- Make an image darker or lighter but retain the relationship between gray-level values
- Mapping Function

$$S(x, y) = I(x, y) + \textit{offset}$$

offset : amount to slide the histogram

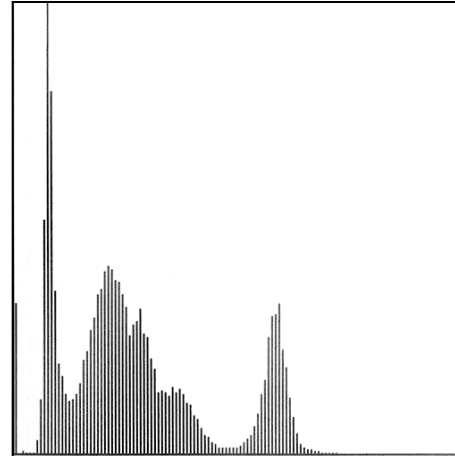
Histogram Sliding

cont'd

Original
image



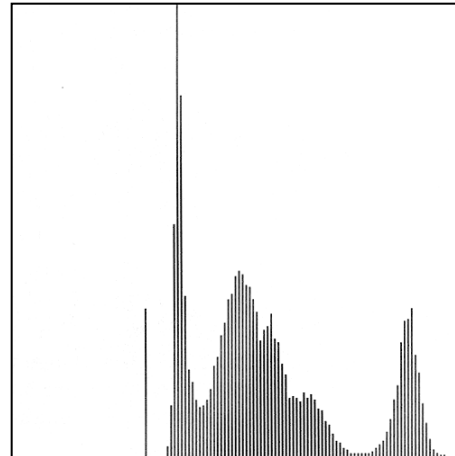
Histogram of
original image



positive-
value
histogram
sliding



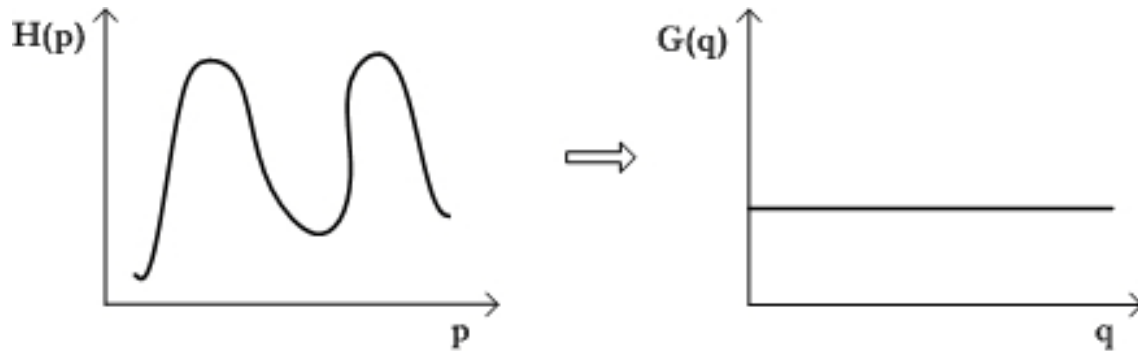
Histogram of
image after
sliding



Histogram Equalization

- 목적

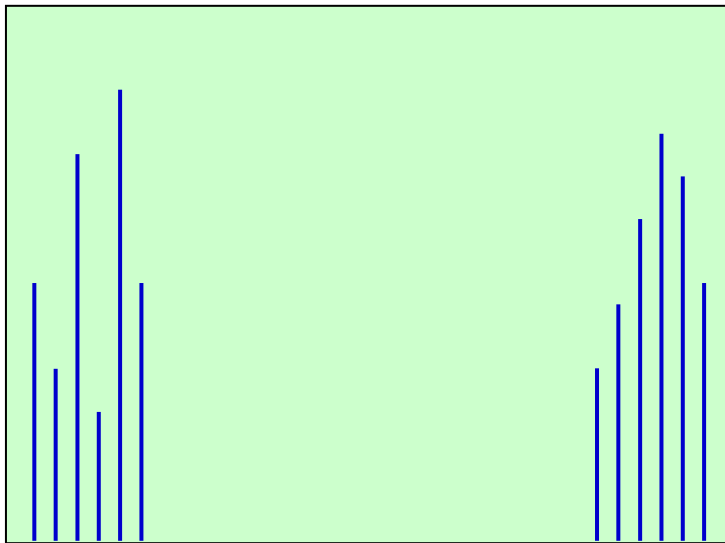
- 한쪽으로 치우친 밝기의 분포를 재분배 해서 그레이 레벨의 발생 빈도를 균등하게 분포하도록 만듦



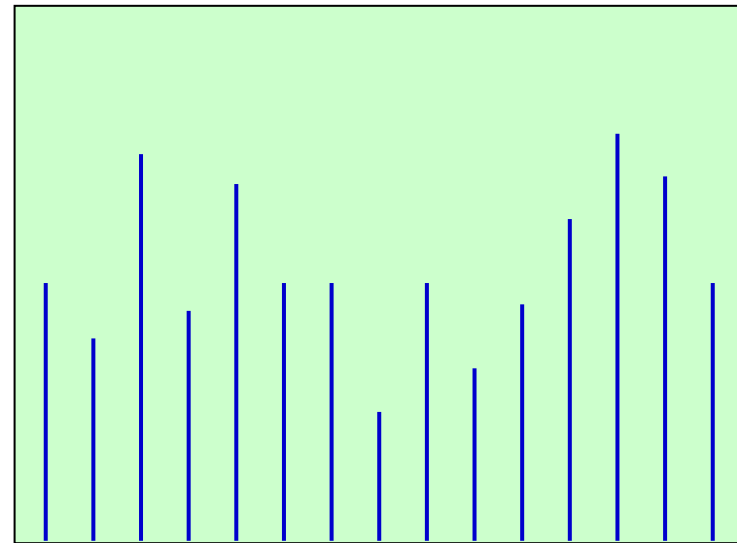
Histogram Equalization

cont'd

- 명암대비



높은 명암대비



좋은 명암대비

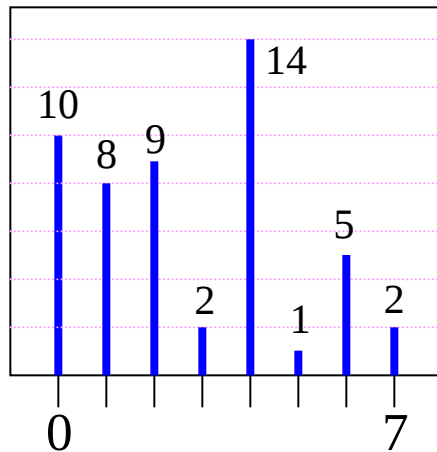
- 히스토그램 균일화 절차

- ① 입력 영상의 히스토그램 값을 누적시켜 히스토그램 누적 합을 구함
- ② 히스토그램의 누적 합을 전체 픽셀의 개수로 나누어 값을 정규화함
- ③ 정규화된 값에 최대 명암도 값을 곱한 후 반올림을 수행
- ④ 입력 영상의 명암도에 대한 변환 값으로 대응시킴

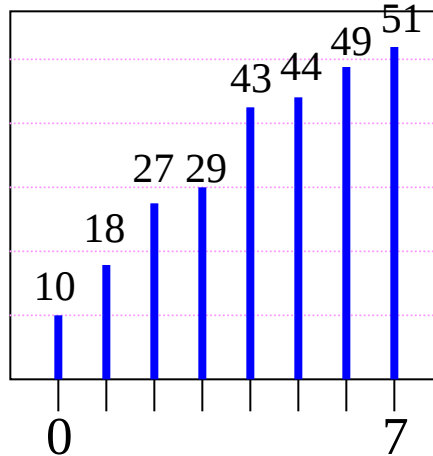
Histogram Equalization

cont'd

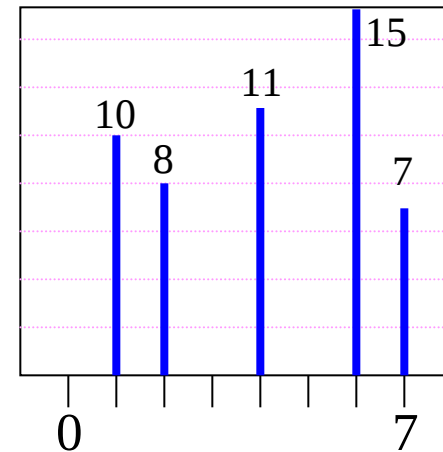
- Example



히스토그램



누적값



균일화 결과

$$\frac{(10, 18, 27, 29, 43, 44, 49, 51)}{51} \times 7$$

$$\approx (1.37, 2.47, 3.71, 3.98, 5.90, 6.04, 6.73, 7.00)$$

$$\approx (1, 2, 4, 4, 6, 6, 7, 7)$$

Histogram Equalization

cont'd

● 균일화 과정

픽셀값	개수	누적값	균일화	반올림
0	10	10	1.37	1
1	8	18	2.47	2
2	9	27	3.71	4
3	2	29	3.98	4
4	14	43	5.90	6
5	1	44	6.04	6
6	5	49	6.73	7
7	2	51	7.00	7

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

6	6	4	7	7
6	4	4	6	7
1	4	4	6	7
1	1	4	4	6
1	2	4	6	6

$$\frac{10}{51} * 7 = 1.37$$

$$\frac{43}{51} * 7 = 5.90$$

균일화를 위한 공식

$$\text{Normalization} = \frac{\text{누적값}}{\text{전체 픽셀의 수}} \times \text{최대 그레이 레벨}$$

Histogram Equalization

cont'd

Original
dark image



Histogram
of original
image

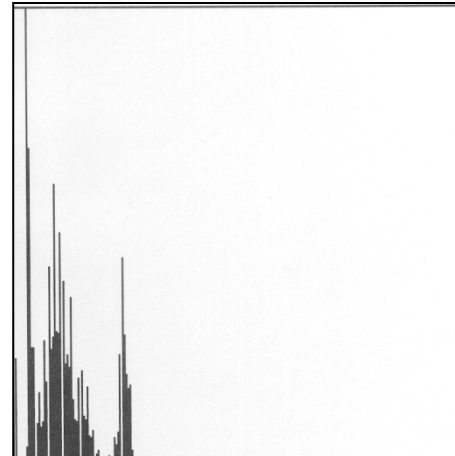
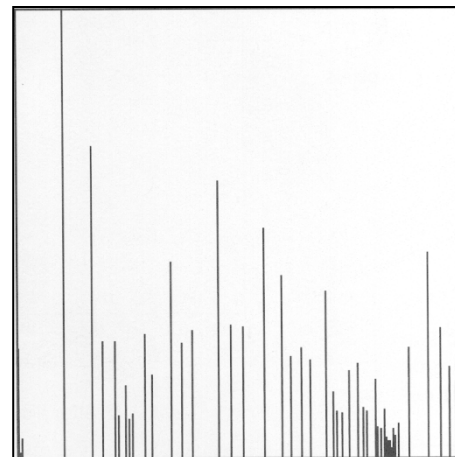


Image after
histogram
equalization



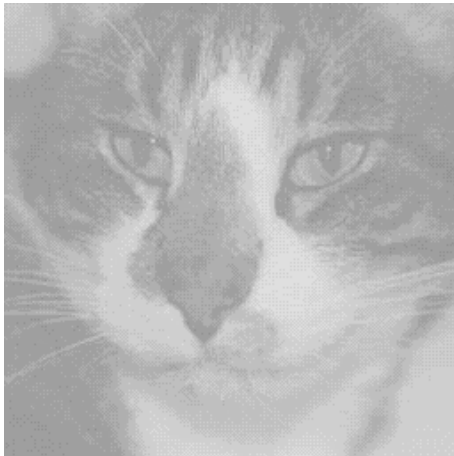
Histogram
of equalized
image



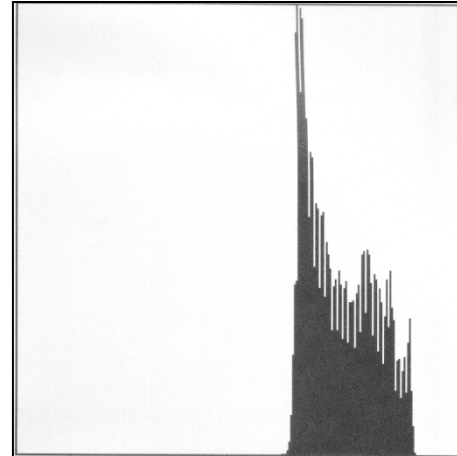
Histogram Equalization

cont'd

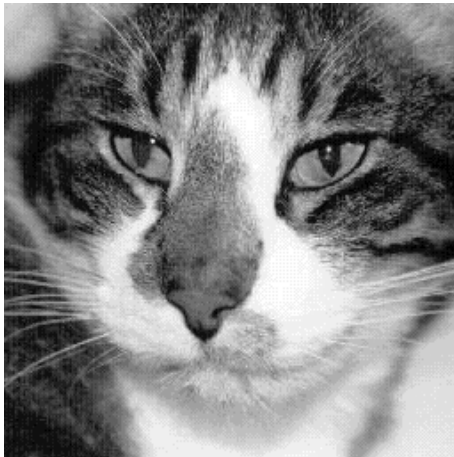
Original light
image



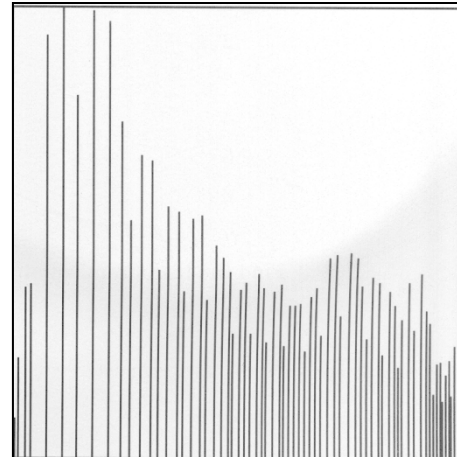
Histogram
of original
image



Light image
after histogram
equalization



Histogram
of equalized
image

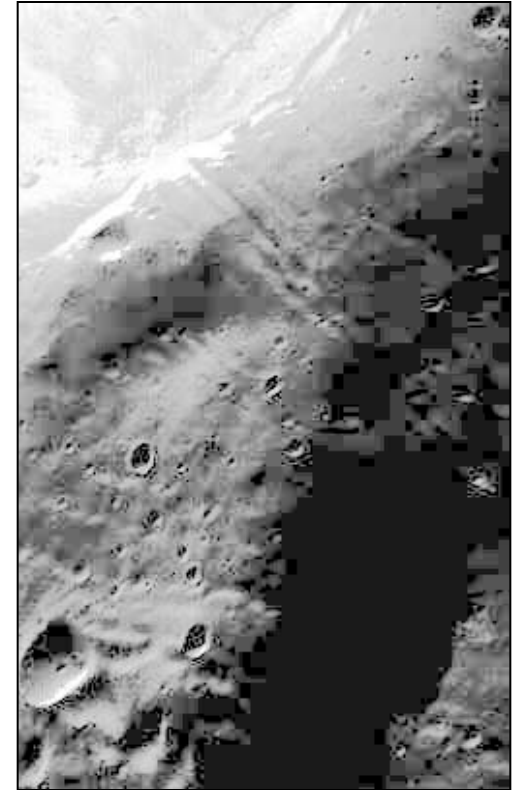


Histogram Equalization

cont'd



Original



Histogram Equalization

Histogram Equalization

cont'd





Lab.

학습 목표

- 단일 픽셀 처리 기법의 의미를 설명할 수 있다.
- 단일 픽셀 처리 기법의 종류를 구분하여 설명할 수 있다.
 - 영상 대수 기법을 구분하여 설명할 수 있다.
 - 그레이 스케일 변경이란 무엇인지 설명할 수 있다.
 - 히스토그램 변경이란 무엇인지 설명할 수 있다.
- 픽셀 그룹 처리 기법의 의미를 설명할 수 있다.
- 컨볼루션 연산 및 경계 처리 방법에 대해 설명할 수 있다.
- 픽셀 그룹 처리 기법의 종류를 구분하여 설명할 수 있다.
 - 평활화의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.
 - 첨예화의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.
 - 에지 검출의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.

픽셀 그룹 처리

- 픽셀 그룹 처리란?

- 출력 영상의 새로운 픽셀의 값을 결정하기 위해 해당 픽셀 뿐만 아니라 그 주위의 이웃 픽셀들도 함께 고려하는 공간 영역 연산을 의미

- 컨볼루션(convolution) 연산으로 처리

- 처리하고자 하는 픽셀 값을 이웃 픽셀의 각각에 대응하는 **2차원 배열 내의 가중치를 곱하고 그 값들을 모두 더한 값으로 변경하는 연산**
 - 2차원 배열: 마스크(mask), 필터(filter), 템플릿(template), 커널(kernel)

학습 목표

- 단일 픽셀 처리 기법의 의미를 설명할 수 있다.
- 단일 픽셀 처리 기법의 종류를 구분하여 설명할 수 있다.
 - 영상 대수 기법을 구분하여 설명할 수 있다.
 - 그레이 스케일 변경이란 무엇인지 설명할 수 있다.
 - 히스토그램 변경이란 무엇인지 설명할 수 있다.
- 픽셀 그룹 처리 기법의 의미를 설명할 수 있다.
- **컨볼루션 연산 및 경계 처리 방법에 대해 설명할 수 있다.**
- 픽셀 그룹 처리 기법의 종류를 구분하여 설명할 수 있다.
 - 평활화의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.
 - 첨예화의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.
 - 에지 검출의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.

Convolution

- 중심 픽셀 및 그 인접한 픽셀들을 대응하는 2차원 배열 형태의 가중치(계수)와 각각 곱하고 이들을 모두 더한 후에 이 값으로 중심 픽셀의 값을 변경하는 연산
- 2차원 배열을 지칭하는 용어
 - 마스크(mask), 필터(filter), 템플릿(template), 커널(kernel)
- Linear spatial filtering을 위해 사용

$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b h(s, t) f(x + s, y + t)$$

단,

$$a = (m-1) / 2$$

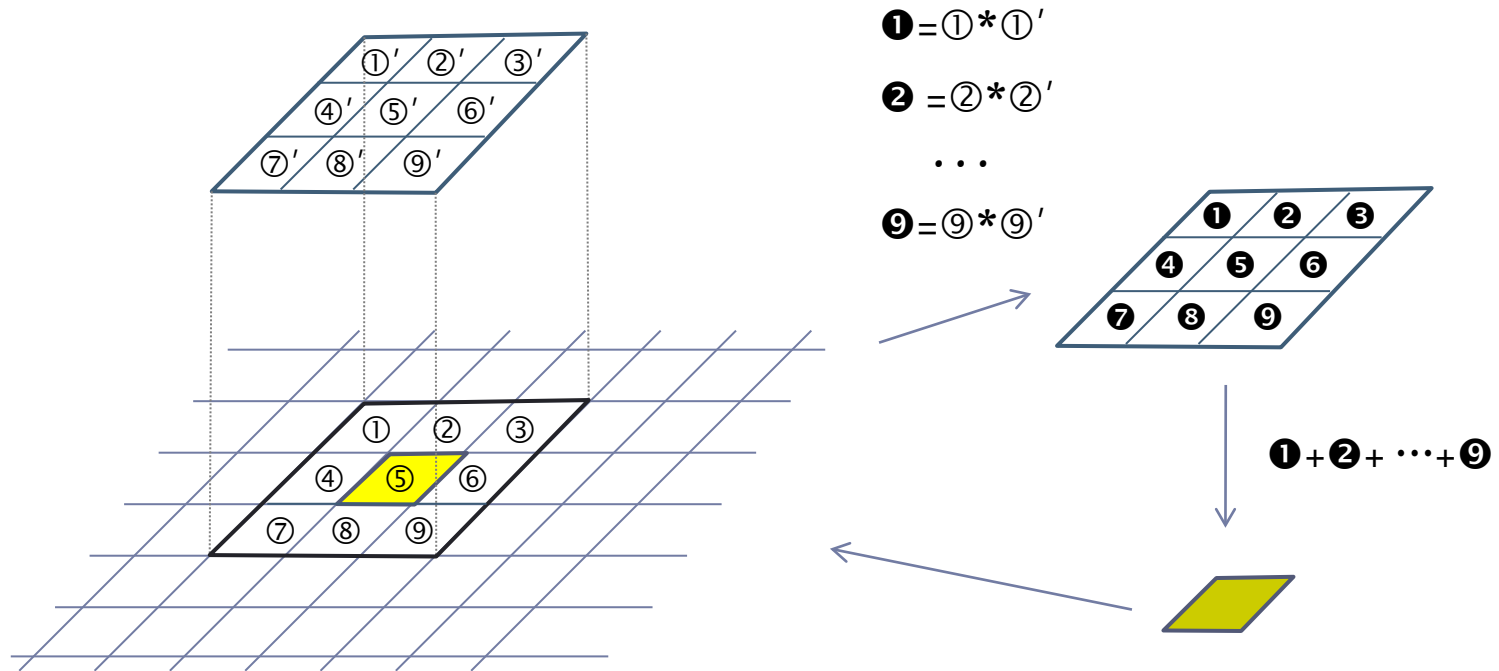
$$b = (n-1) / 2$$

입력 영상(f)의 크기: $M \times N$

마스크(h)의 크기: $m \times n$

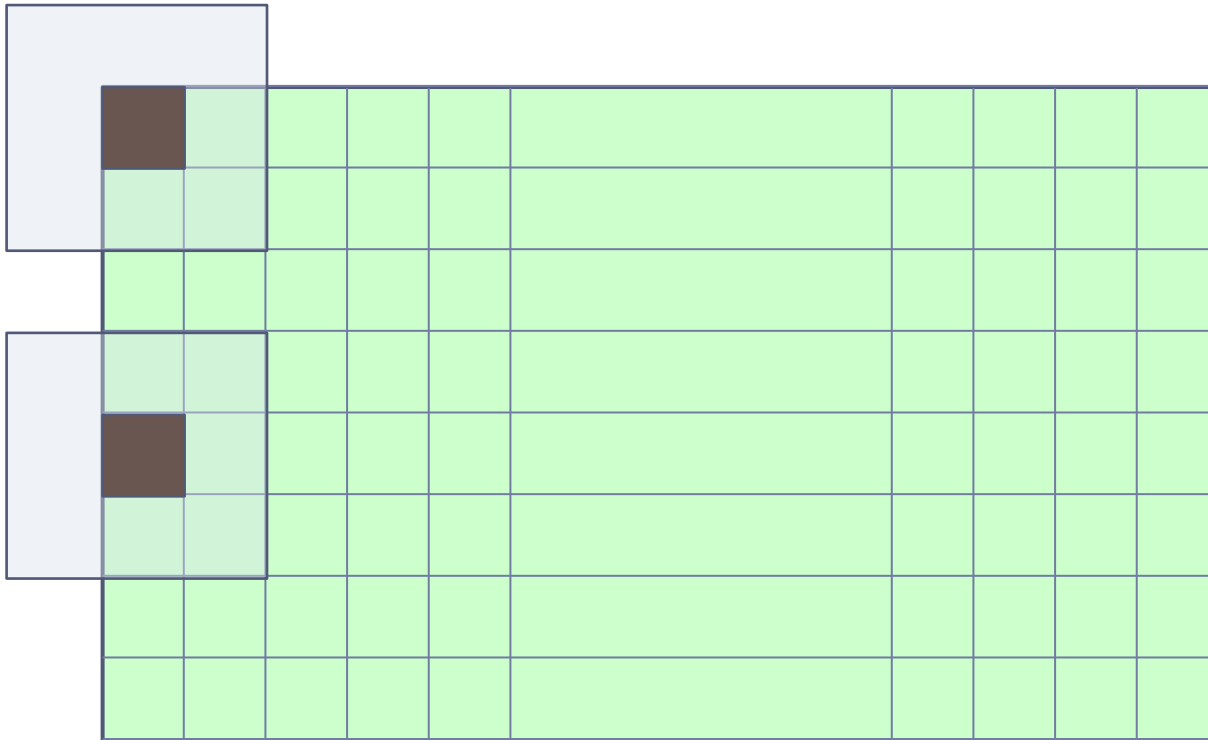
Convolution

cont'd



※ 영상 내의 모든 pixel에 대해 반복적으로 처리

영상의 경계 처리 방법



- ① 상수 값(예를 들어, 0)을 덧붙임
- ② 경계에 있는 픽셀 값을 복사
- ③ 영상을 주기적인 신호로 해석하여 맞은 편 픽셀 값을 복사 (Wrap-around)
- ④ 모든 이웃 픽셀이 정의되는 위치(예를 들어, (1,1))에서 컨볼루션 연산을 시작하고 출력 영상의 경계 부분은 입력 영상의 값으로 복사

선형 공간 필터

- 대표적인 선형 공간 필터링 연산

- 영상 평활화 (Image Smoothing 혹은 image blurring)

- 영상을 부드럽게 표현하거나 노이즈(noise)를 제거하기 위해 사용
 - 평균값 필터링(mean filtering) 및 중간값 필터링(median filtering) 연산을 통해 수행 가능

- 영상 첨예화 (Image Sharpening)

- 영상의 상세한 정보를 강화시키는 연산
 - 상세 정보란 영상내부에 포함된 물체의 경계 혹은 질감의 경계 등을 의미
 - Laplacian-type 및 difference-type의 enhancement filter 사용

- 에지 검출 (Edge Detection)

- 영상 내에 포함된 에지를 추출하는 연산
 - 에지란 짧은 범위에서 급격하게 밝기가 변화는 지점을 의미

학습 목표

- 단일 픽셀 처리 기법의 의미를 설명할 수 있다.
- 단일 픽셀 처리 기법의 종류를 구분하여 설명할 수 있다.
 - 영상 대수 기법을 구분하여 설명할 수 있다.
 - 그레이 스케일 변경이란 무엇인지 설명할 수 있다.
 - 히스토그램 변경이란 무엇인지 설명할 수 있다.
- 픽셀 그룹 처리 기법의 의미를 설명할 수 있다.
- 컨볼루션 연산 및 경계 처리 방법에 대해 설명할 수 있다.
- 픽셀 그룹 처리 기법의 종류를 구분하여 설명할 수 있다.
 - **평활화의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.**
 - 첨예화의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.
 - 에지 검출의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.

Image Smoothing

- Mean Filtering (평균값 필터링)

- common spatial convolution masks

$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 2 & 1 & 2 \\ 1 & 4 & 1 \\ 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

$$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

- 모든 계수가 양수이고 전체 합이 1인 마스크가 사용

Image Smoothing

cont'd

10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	100	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10



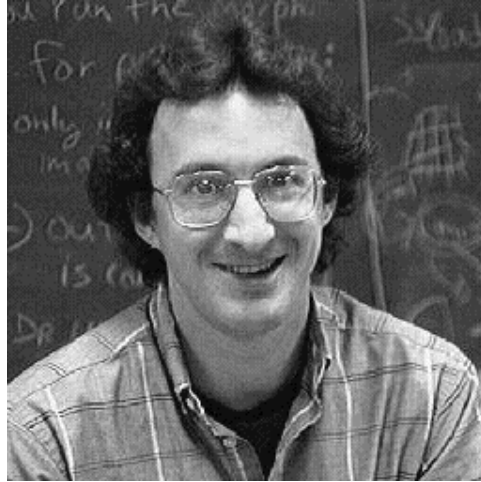
Mean filtering

10	10	10	10	10	10	10	10
10	20	20	20	10	10	10	10
10	20	20	20	10	10	10	10
10	20	20	20	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10

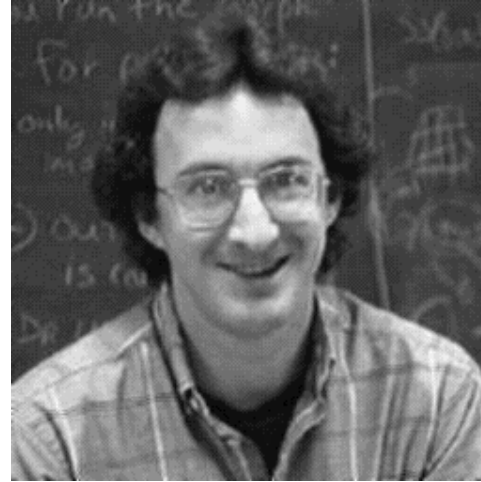
Image Smoothing

cont'd

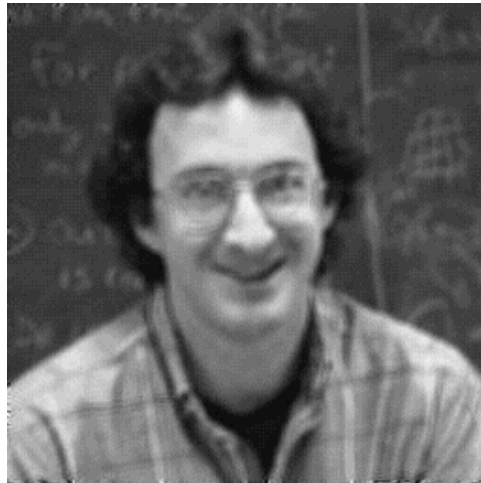
Original
image



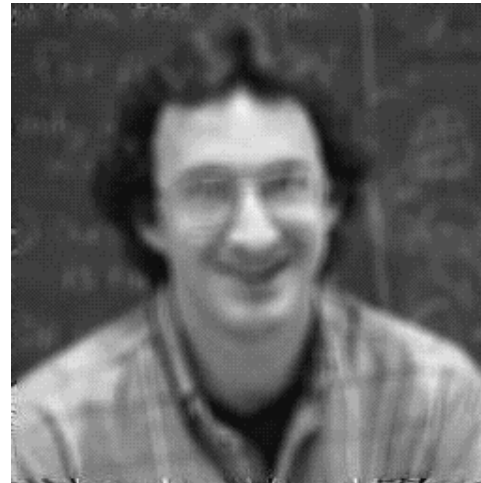
3*3
Arithmetic
mean



5*5



7*7

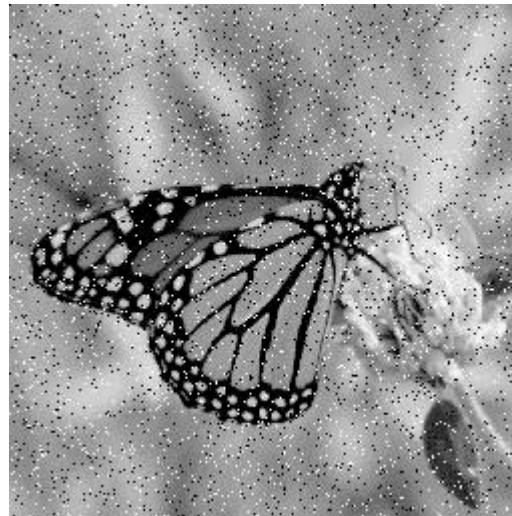


- Median Filtering (중간값 필터링)
 - Nonlinear filter
 - Center pixel is replaced with the median, or center, value present among its neighbors
 - Useful for removing salt-, pepper-, or salt-and-paper noise

$$\begin{bmatrix} 5 & 5 & 6 \\ 3 & 4 & 5 \\ 3 & 4 & 7 \end{bmatrix} \quad (3,3,4,4,\mathbf{5},5,5,6,7) \quad \begin{bmatrix} 5 & 5 & 6 \\ 3 & \mathbf{5} & 5 \\ 3 & 4 & 7 \end{bmatrix}$$

Image Smoothing

cont'd



Original
image



Mean
Filtering

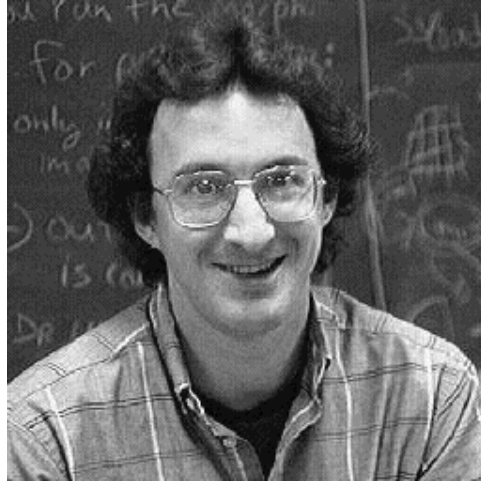


Median
Filtering

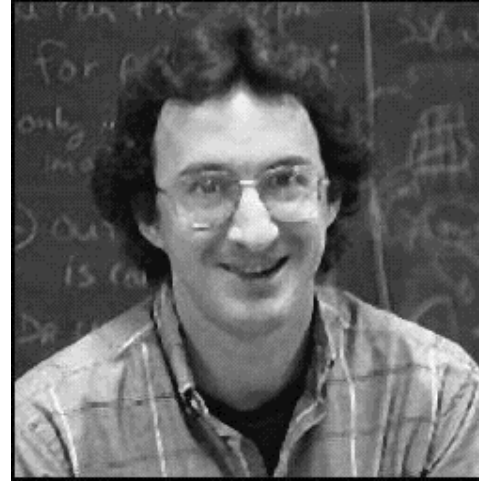
Image Smoothing

cont'd

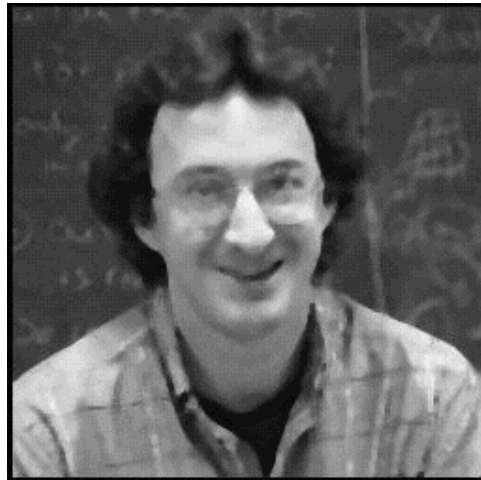
Original
image



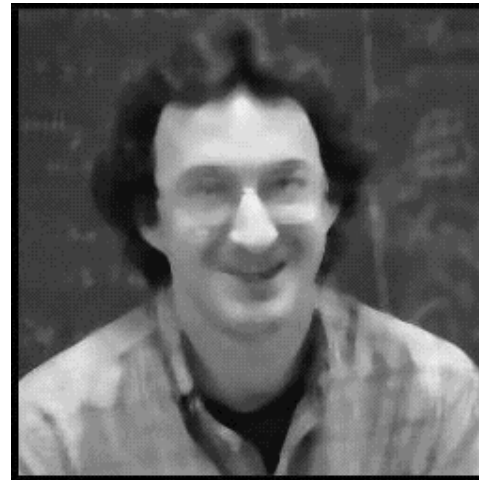
3*3
Median
filter



5*5



7*7





Lab.

학습 목표

- 단일 픽셀 처리 기법의 의미를 설명할 수 있다.
- 단일 픽셀 처리 기법의 종류를 구분하여 설명할 수 있다.
 - 영상 대수 기법을 구분하여 설명할 수 있다.
 - 그레이 스케일 변경이란 무엇인지 설명할 수 있다.
 - 히스토그램 변경이란 무엇인지 설명할 수 있다.
- 픽셀 그룹 처리 기법의 의미를 설명할 수 있다.
- 컨볼루션 연산 및 경계 처리 방법에 대해 설명할 수 있다.
- 픽셀 그룹 처리 기법의 종류를 구분하여 설명할 수 있다.
 - 평활화의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.
 - **침예화의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.**
 - 에지 검출의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.

Image Sharpening

- High-pass filtering

- 고주파 성분은 통과시키고 저주파 성분은 차단

- 영상의 상세 정보를 강화시키는 연산
 - 고주파 통과 필터링 영상은 원영상과 저주파 통과 필터링 영상의 차로써 얻을 수 있음

$$f_H(x, y) = f(x, y) - f_L(x, y)$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} - \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} = \frac{1}{9} \times \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$



Image Sharpening

cont'd

10	10	10	10	10	10	10	10
10	20	20	20	10	10	10	10
10	20	30	20	10	10	10	10
10	20	20	20	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10



High-pass
filtering

-10	-20	-10	-20	-10	0	0	0
-20	40	20	40	-20	0	0	0
-30	20	70	20	-30	0	0	0
-20	40	20	40	-20	0	0	0
-10	-20	-30	-20	-10	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

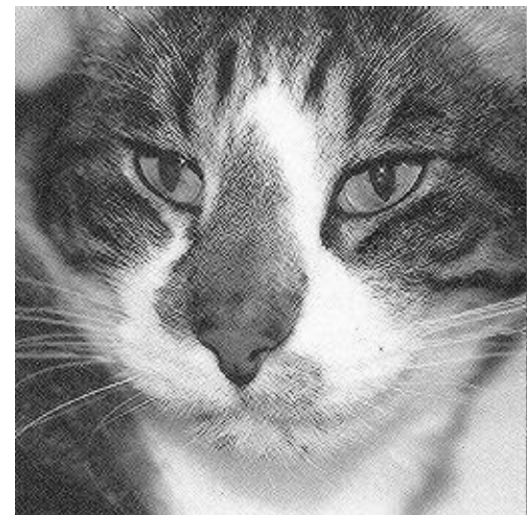
- Laplacian-type filtering (라플라시안 타입 필터링)
 - 고주파 통과 필터에서 발생하는 낮은 공간 주파수 성분 손실의 문제 점을 보완함
 - 샤프닝 필터의 예
 - 모든 계수의 합은 1임

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$



Original image



Contrast-enhanced

- Unsharp Masking (언샤프 마스크킹)
 - Representative of practical image sharpening methods

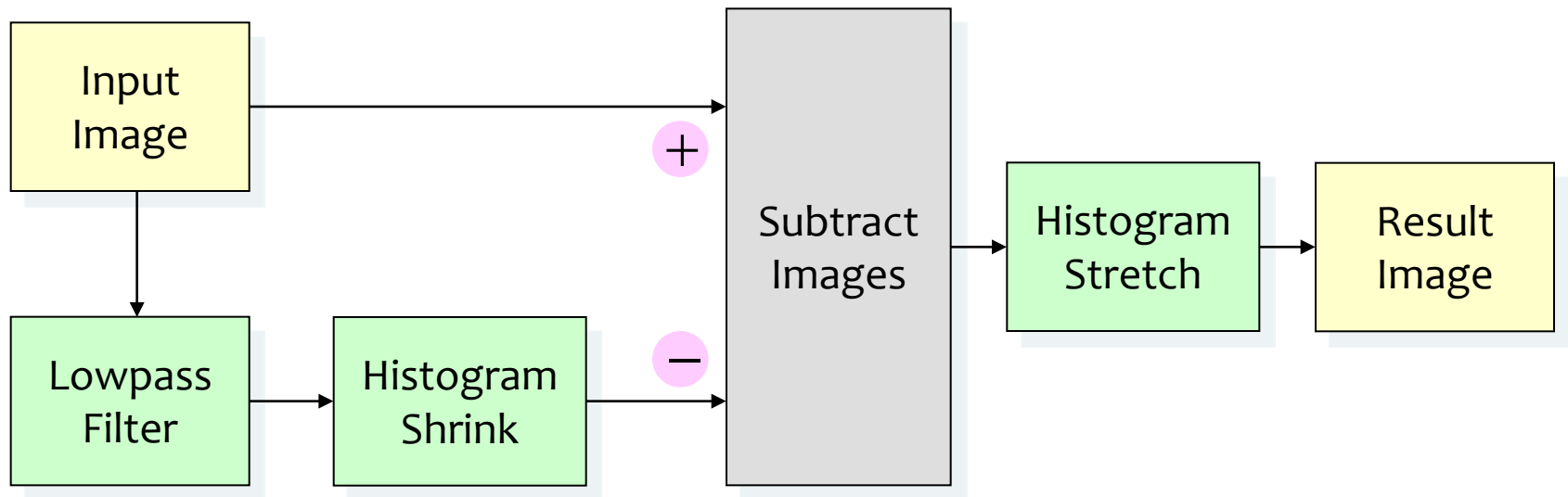
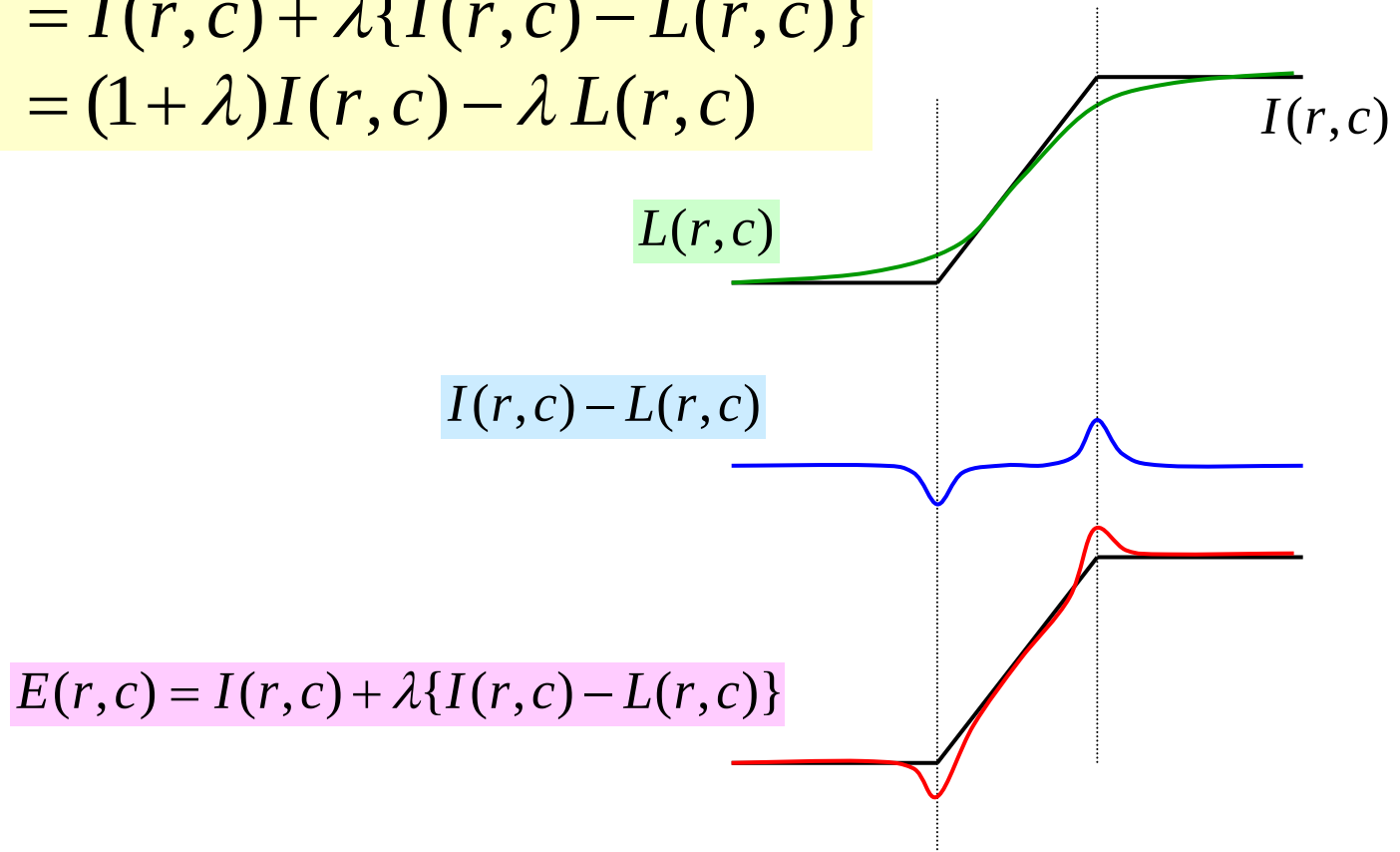


Image Sharpening

cont'd

$$\begin{aligned} E(r, c) &= I(r, c) + \lambda H(r, c) \\ &= I(r, c) + \lambda \{I(r, c) - L(r, c)\} \\ &= (1 + \lambda)I(r, c) - \lambda L(r, c) \end{aligned}$$



$$E(r, c) = I(r, c) + \lambda \{I(r, c) - L(r, c)\}$$

Image Sharpening

cont'd

Original
Image

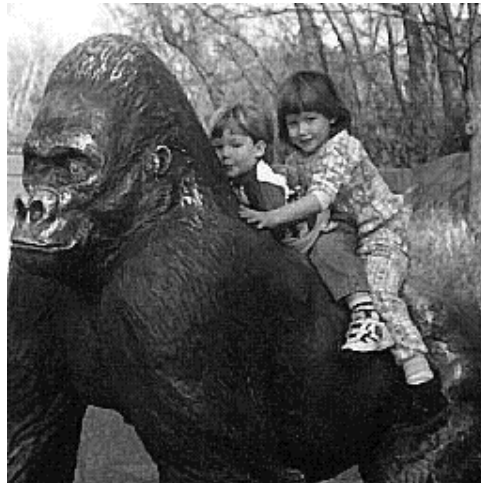


Unsharp
masking

lower limit=0,
upper=100,
2% low and
high clipping

Unsharp
masking

lower limit=0,
upper=150,
2% low and
high clipping



Unsharp
masking

lower limit=0,
upper=200,
2% low and
high clipping





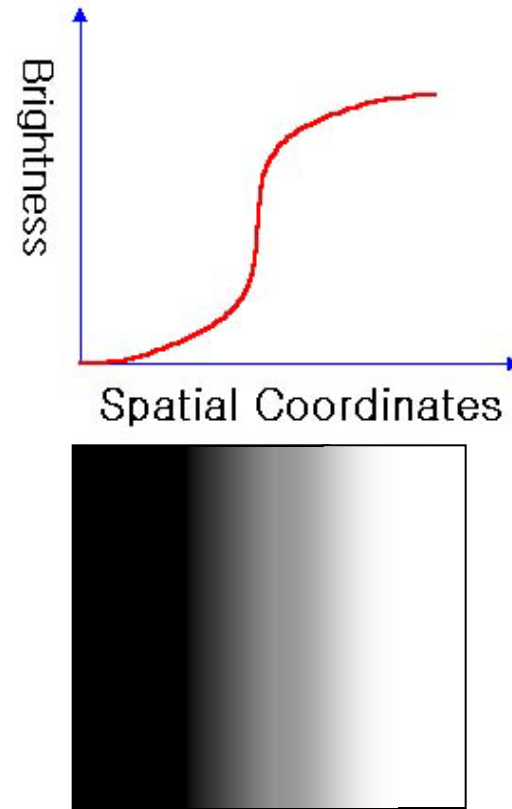
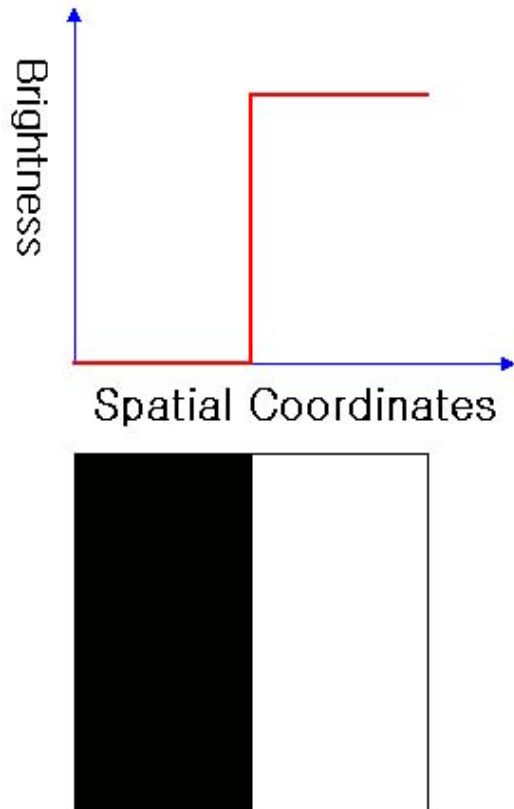
Lab.

학습 목표

- 단일 픽셀 처리 기법의 의미를 설명할 수 있다.
- 단일 픽셀 처리 기법의 종류를 구분하여 설명할 수 있다.
 - 영상 대수 기법을 구분하여 설명할 수 있다.
 - 그레이 스케일 변경이란 무엇인지 설명할 수 있다.
 - 히스토그램 변경이란 무엇인지 설명할 수 있다.
- 픽셀 그룹 처리 기법의 의미를 설명할 수 있다.
- 컨볼루션 연산 및 경계 처리 방법에 대해 설명할 수 있다.
- 픽셀 그룹 처리 기법의 종류를 구분하여 설명할 수 있다.
 - 평활화의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.
 - 첨예화의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.
 - **에지 검출의 기능 및 방법을 설명할 수 있다.**

Edge Detection

- Ideal Edge vs. Real Edge



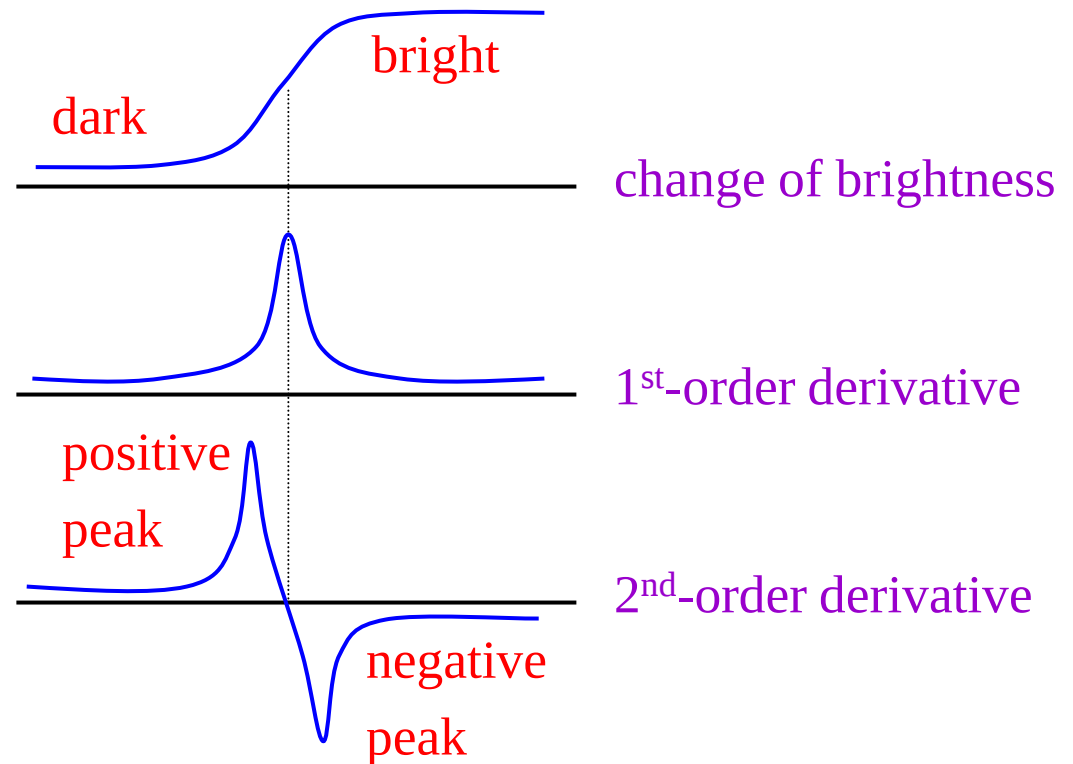
- 에지 검출 방법

- 1차 미분 값을 이용

- Prewitt, Sobel, Roberts 등

- 2차 미분 값을 이용

- Laplacian(라플라시안)



- 1차 미분 연산자

- 밝기 변화율 즉 기울기를 검출하기 위한 방법

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

- 기울기 벡터 ∇f 의 크기 G 와 X 축에 대한 각도인 방향 α

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \approx |G_x| + |G_y| \approx \max(|G_x|, |G_y|)$$

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{G_y}{G_x} \right)$$

$$G_x \cong f[x+1, y] - f[x, y], \quad G_y \cong f[x, y+1] - f[x, y]$$

$$G_x \cong f[x+1,y] - f[x,y], \quad G_y \cong f[x,y+1] - f[x,y]$$

$$G_x = h_x(x,y) * f(x,y), \quad G_y = h_y(x,y) * f(x,y)$$

□ Prewitt 연산자

- 대각선보다 수평이나 수직 에지에 더 민감

$$h_x(x,y) = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad h_y(x,y) = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

□ Sobel 연산자

- 대각선 방향의 에지에 더 민감

$$h_x(x,y) = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad h_y(x,y) = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

□ Roberts 연산자

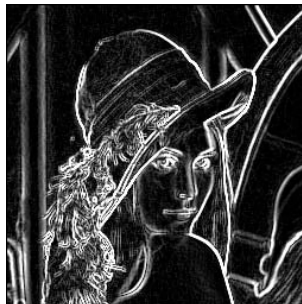
- 매우 빠른 계산 속도를 나타내나 잡음에 매우 민감함

$$h_x(x, y) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad h_y(x, y) = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

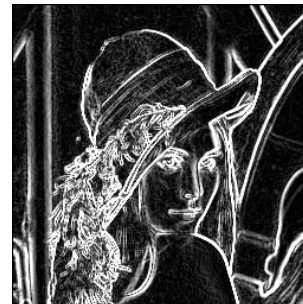
□ 에지 검출 결과



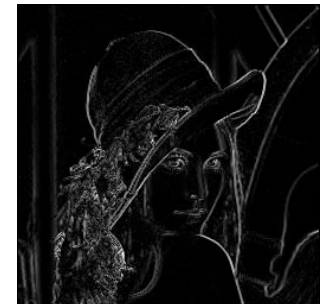
(a) 원영상



(b) 프리위트



(c) 소벨



(d) 로버츠

1차 미분 연산자 적용 결과

- Laplacian (라플라시안)

□ 대표적인 2차 미분 연산자로 모든 방향의 에지를 강조

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

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

$$= (f[x+1, y] - f[x, y]) - (f[x, y] - f[x-1, y]) = f[x+1, y] - 2f[x, y] + f[x-1, y]$$

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

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

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

(a)

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

(b)

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

(c)

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

(d)

라플라시안 필터들

- 2차 미분 연산자를 적용한 에지 검출 결과

(a) 원영상



(b) 4 방향
라플라시안



(c) 8 방향
라플라시안



(d) 가우시안의
라플라시안



Edge Detection

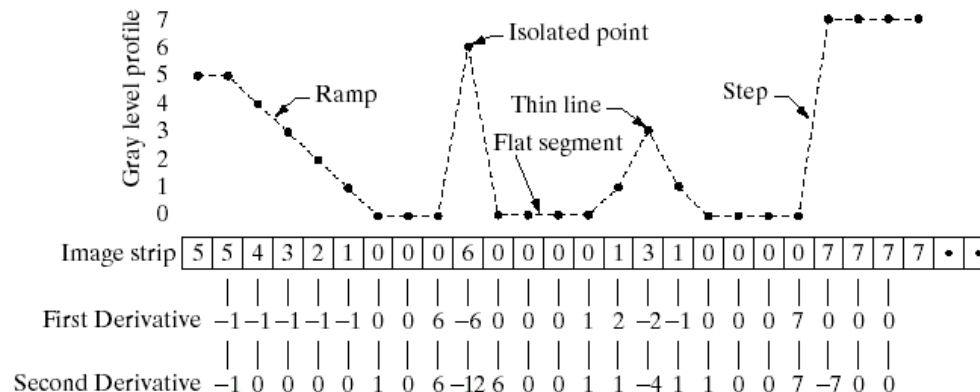
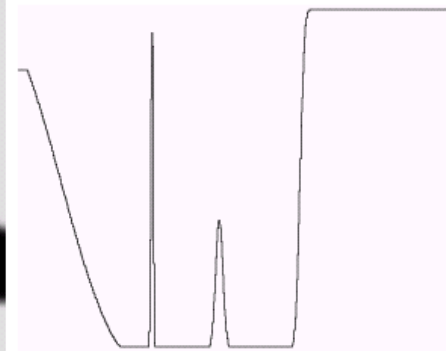
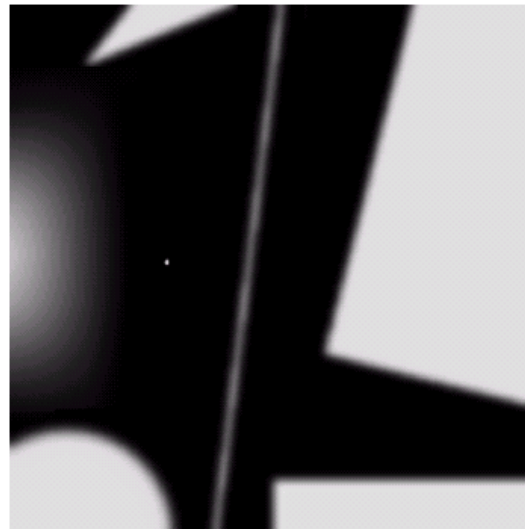
cont'd

- First vs. Second-order derivative

a b
c

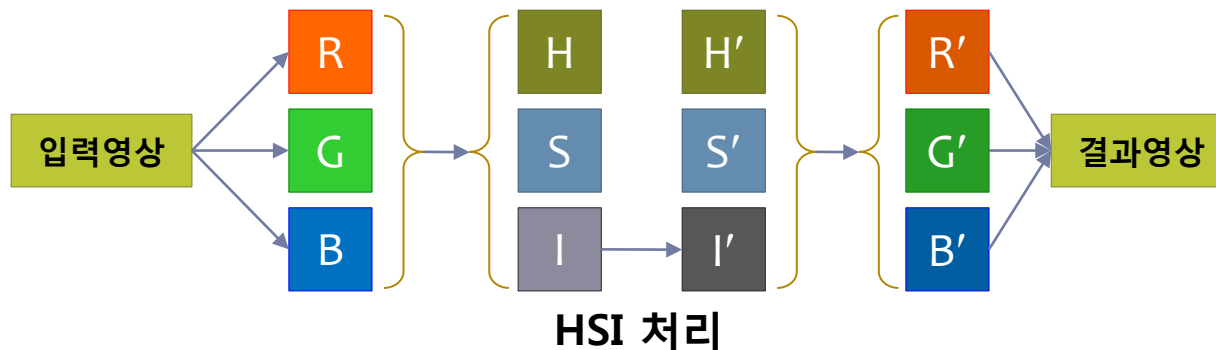
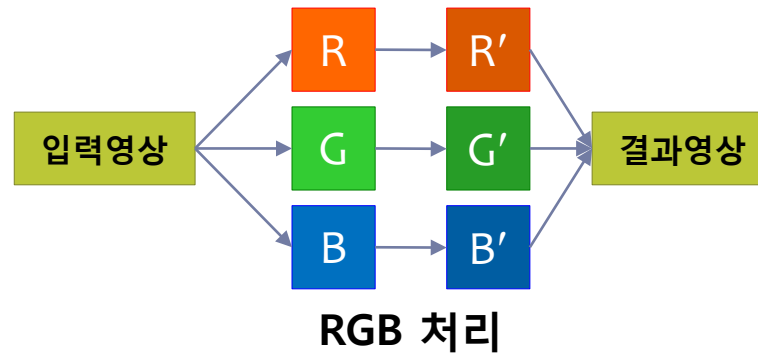
FIGURE 3.38

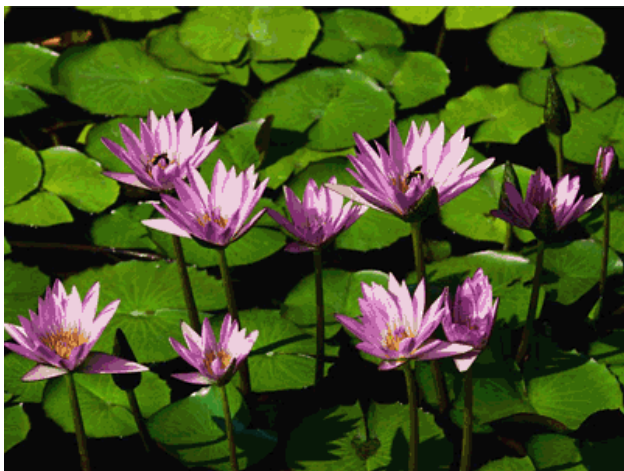
(a) A simple image. (b) 1-D horizontal gray-level profile along the center of the image and including the isolated noise point. (c) Simplified profile (the points are joined by dashed lines to simplify interpretation).



참고: 칼라 영상 처리

- 컬러 영상에 대한 영상 처리
 - RGB 영상을 그대로 사용하는 방법
 - HIS(HLS) 영상으로 변환하여 처리하는 방법





l 성분 히스토그램 균일화 처리



RGB 성분별 히스토그램 균일화 처리



Lab.

학습정리 (1)

1. 단일 픽셀 처리 기법

- 이웃 픽셀과는 독립적으로 입력 영상의 각 픽셀 값을 변환한 후 결과 영상의 동일한 위치에 출력하는 연산
- 영상의 밝기 및 대비 조정
- 영상 대수 (Image Algebra)
 - 덧셈 연산, 뺄셈 연산, 곱셈 연산, 나눗셈 연산, 논리연산
- 그레이 스케일 변경 (Gray-Scale Modification)
 - Gray-Scale Compression, Gray-Scale Stretching, Gray-Level Slicing, Gray-Level Thresholding, Gray-Level Negation
- 히스토그램 변경 (Histogram Modification)
 - histogram stretching, histogram shrinking, histogram sliding, histogram equalization

학습정리 (2)

2. 픽셀 그룹 처리 기법

- 출력 영상의 새로운 픽셀의 값을 결정하기 위해 해당 픽셀 뿐만 아니라 그 주위의 이웃 픽셀들도 함께 고려하는 공간 영역 연산
- 컨볼루션(convolution)
 - 처리하고자 하는 픽셀 값을 이웃 픽셀의 각각에 대응하는 2차원 배열 내의 가중치를 곱하고 그 값들을 모두 더한 값으로 변경하는 연산
- Image Smoothing
 - Mean Filtering, Median Filtering
- Image Sharpening
 - High-pass Filtering, Laplacian-type Filtering, Unsharp Masking
- Edge Detection
 - Prewitt, Sobel, Roberts, Laplacian