



---

# 고급 소프트웨어 실습 (CSE4152)

---

## 이미지 필터링

# 목차

- 이미지 필터링
- Average 필터링
- Median 필터링
- Sharpening
- Deblurring
- 기타 이미지 필터링 및 화질 향상 기법
- 실습
- 숙제: Average 필터와 Median 필터의 효율적 구현
- 참고문헌

# 이미지 필터링

- 노이즈 제거, 주요 부분의 강조 등을 통하여 이미지의 화질 및 유용성을 향상시키는 것이 목적.
- 필터는 선형 및 비선형으로 나뉘며 사각형, 원형 등 다양한 모양을 사용할 수 있지만 주로 사각형 모양의 필터가 가장 많이 사용됨.
- 선형 필터의 경우 주로 convolution 연산을 통하여 구현하고, 이 경우 필터를 커널(Kernel)이라고 지칭. 아래 식은 이미지  $f$  에 커널  $h$  를 적용하여 Convolution 연산을 통해 필터링된 이미지  $g$  을 얻는 방법.



$$g(m, n) = f * h = \sum_{l=-w/2}^{w/2} \sum_{k=-w/2}^{w/2} f(\underline{m+k}, n+l) h(\underline{w/2-k}, w/2-l)$$

식 1. 일반적인 Convolution 공식

# Average 필터

- 픽셀 값에 대하여 주변의 픽셀 값들과의 평균 값을 구하여 결과 이미지에 할당. 작은 노이즈 제거 효과
- Average 필터는 보통 smoothing 또는 blurring 으로도 불리며, 이미지의 세부적인 영상을 흐리게 하므로 과도한 average 필터링은 전체적인 화질의 저하를 일으킴

$$\frac{1}{9} \times$$

1	1	1
1	1	1
1	1	1

(a) 3×3 uniform 커널

$$\frac{1}{25} \times$$

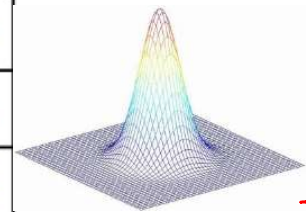
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

(b) 5×5 uniform 커널

$$\frac{1}{273} \times$$

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

(c) 5×5 가우시안 커널(정수화)



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

$$G(x,y) \sim e^{-\frac{x^2+y^2}{2}}$$

그림 1. 몇가지 기본적인 이미지 필터링 커널. 커널 값의 합은 항상 1이 된다.

# Average 필터

- 3x3 uniform 필터를 이용하여 average 필터링을 수행하는 과정
- 커널이 이미지의 영역을 벗어나는 경우, 이미지 외부의 값들을 정의해 주어야 하는데, 이를 패딩(padding)이라 한다
  - 주로, 0의 값을 할당해 주게 되나, 원래 이미지의 픽셀 값들을 확장할 수도 있다

10	2	1	22	16
3	5	24	41	52
4	1	21	1	23
23	92	100	42	43
10	200	30	25	27

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

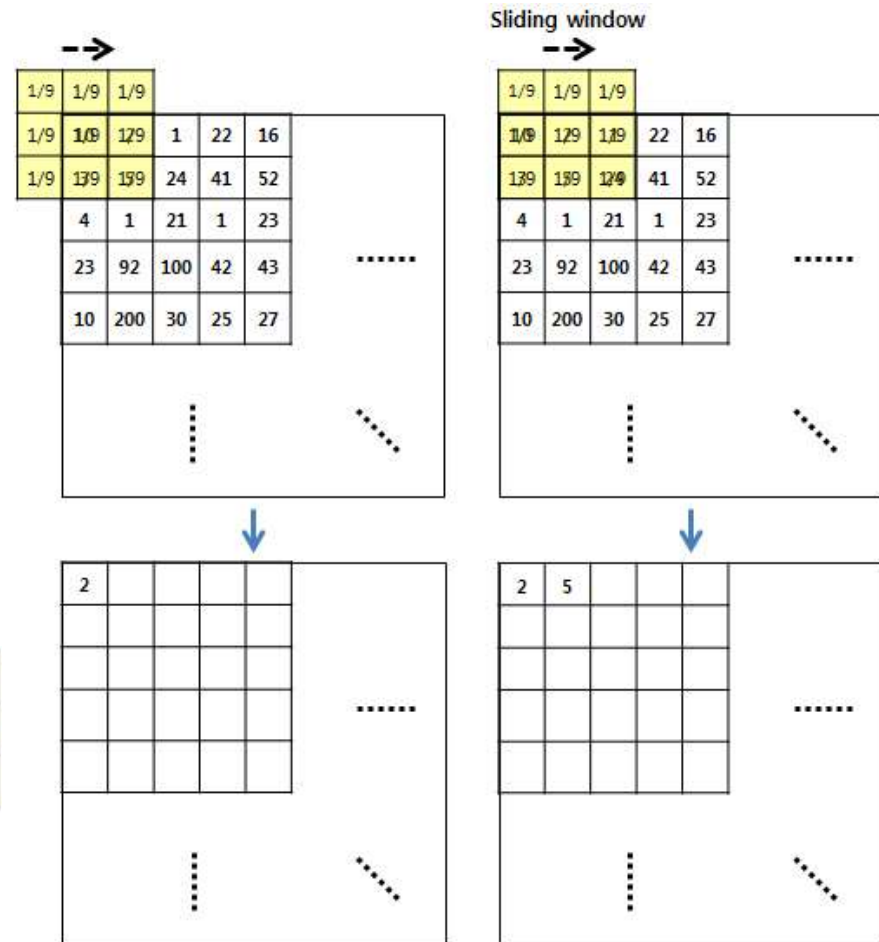


그림 2. 3x3 uniform 커널을 이용한 Average 필터링의 예

# Average 필터

- 커널 사이즈가 커짐에 따라 과도한 blurring이 일어남
- 커널의 중앙값에 더 큰 가중치를 주는 weighted average filtering, ex) Gaussian 커널
- Average 필터링은 굉장히 많은 중복된 연산을 수행함. 이를 해결하기 위해 Moving Average라는 연산법이 있으며 이는 실습 시간에 다룸
- 이 밖에, 노이즈를 제거하는 동시에 blurring 효과를 상쇄하기 위해 adaptive average 필터링, edge preserving average 필터링 기법 등이 있음

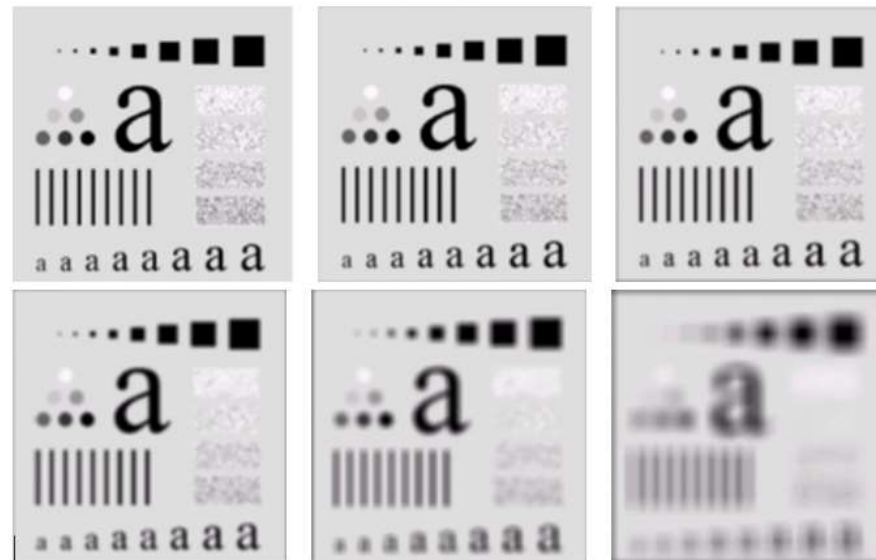
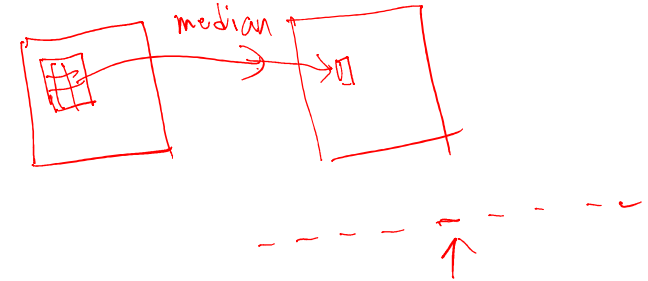
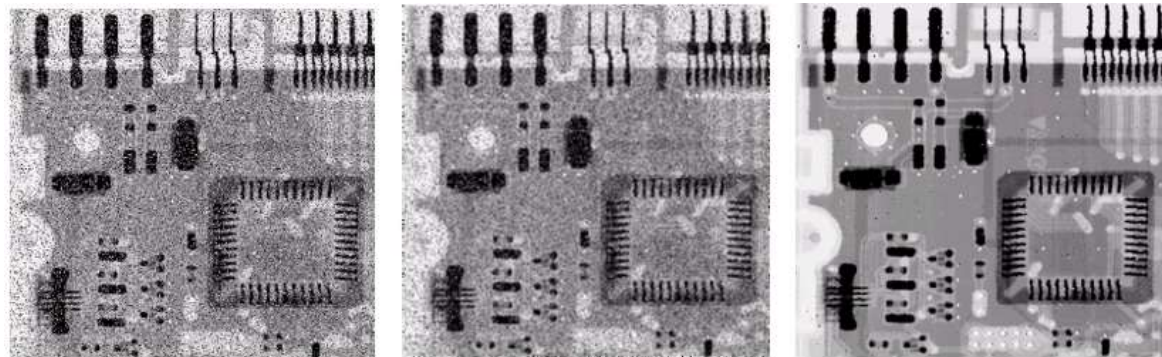


그림 3. 500x500 이미지를 3, 5, 9, 15, 35 Average 필터로 처리한 결과

# Median 필터



- Average 필터링과 비슷한 방법으로, 필터 윈도우(박스)를 이동시켜 가며, 윈도우 안의 픽셀 값들의 미디언 값을 결과 이미지(g)에 할당
- Average 필터링과 다르게 작은 노이즈 값들이 주변의 모든 픽셀 값에 영향을 미치는 효과가 억제되며, 따라서 Salt & Pepper 타입의 작은 노이즈들을 제거하는데 탁월하고 이미지의 sharpness도 보존됨
- Median 필터링은 Average 필터 등과 같이 커널, 또는 convolution 연산으로 표현할 수 없으며 linear 연산에도 해당되지 않음
- Sorting 작업으로 인하여 Average 필터링 등의 convolution 기반 필터링보다 처리 속도가 느림



$$I \rightarrow aI + b$$

(a) Salt & pepper 노이즈 이미지    (b) average 필터링 결과    (c) median 필터링 결과

그림 4. Average 필터링과 median 필터링의 예.

# Sharpening

- Sharpening 은 이미지의 선 등의 세부적인 부분을 선명하게 하는 것을 목적으로 함
- 보통 하이 패스 필터링 결과를 원본 이미지에 더함으로써 선이나 모서리 등의 영역을 부각



(a) 원본 이미지    (b) 하이패스 필터링 결과    (c) Sharpened 이미지

그림 5. Image sharpening의 예.



# Deblurring

- Deblurring은 다양한 이유로 화질이 저하된 이미지의 화질을 다시 향상시키는 것이 목적
- 공식 1에서와 같이 필터링된 이미지를  $g = f * h$ 로 표현한다면, 원래의 이미지는  $f = g * h^{-1}$ 의 관계로 복원 가능
- 하지만 일반적인 경우 노이즈 효과는 훨씬 복잡하고 다양한 형태의 노이즈가 가미되므로 화질의 저하를 가져온 필터의 정확한 정보를 구하는 것은 거의 불가능함
- 따라서, 여러가지 필터를 이용하여 얻어진 결과를 정성적으로 평가함으로써 Deblurring을 수행하는 것이 일반적인 방법
- 대표적인 방법으로 Wiener 필터가 있음

# 기타 이미지 필터링 및 화질 향상 기법

- 이미지에서 윤곽선을 검출하는 에지 검출(Edge detection)은 커널 convolution 방법을 사용
- Sobel 연산자를 사용하여 구한 x, y 방향의 Gradient(변화량)를 각각  $G_x$ ,  $G_y$  라고 할 때, 이미지의 Gradient Magnitude를 아래의 식으로 구함

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

식 2. Gradient Magnitude

- Gradient Magnitude를 구한 후에는 임의의 Threshold 값을 기준으로 강한 Gradient 값을 나타내는 픽셀들을 윤곽선으로 간주

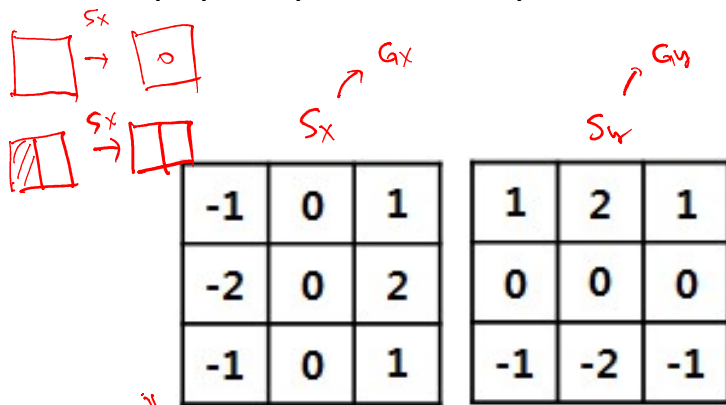


그림 6. 에지 검출에 쓰이는 Sobel 연산자



그림 7. Canny edge detector를 이용한 에지 검출의 예.

# 실습

- Average 필터링

- 3x3, 5x5, 9x9 사이즈의 uniform 커널을 이용하여 Average 필터링을 수행하고 결과를 화면에 출력, 커널 사이즈에 따른 blurring 효과 관찰
- 위에서 행한 연산을 Moving Average 기법을 이용하여 수행 및 기존의 방식과 시간 비교. Moving Average 필터링을 구현하는 방법은 커널의 이동 방법에 따라서 여러 가지가 있을 수 있지만, 어떤 방식으로 구현되었든 Average 필터링에 비해 실행 속도가 현저히 빨라야 한다

- Median 필터링

- 입력된 이미지를 3x3, 5x5, 9x9 사이즈의 윈도우를 이용하여 median 필터링을 수행하고 결과를 화면에 출력한다. 각 커널 사이즈 별로 연산 시간을 측정해 보고, average 필터링의 시간과 비교

- 에지 검출

- Sobel 연산자를 이용하여 입력된 이미지의 에지를 검출하고 결과를 화면에 출력

# 숙제: Average 필터와 Median 필터의 효율적 구현

- 1) Average 필터링을 효율적으로 구현할 수 있는 Moving Average에 대하여 공식을 이용하여 설명한다.
- 2) Median 필터링을 효율적으로 구현할 수 있는 방법에 관하여 도식적으로 설명해 보자. 3x3 윈도우 사이즈를 사용하는 경우를 가정하여 구체적으로 설명한다.

# 참고 문헌

- M. Petrou and C. Petrou, Image Processing: The Fundamentals, 2nd ed., Wiley.
- R. Gonzalez, R. E. Woods and S. L. Eddins, Digital Image Processing Using MATLAB, 2nd ed., Gatesmark Publishing.