

과제2. Noise Reduction 사이버보안학과 201720606 이상일

1. Gaussian

- Gaussian 노이즈는 노이즈의 분포가 gaussian 분포를 따르므로 input image의 noise 평균이 0으로 수렴한다. 따라서 mean filter를 적용해볼 수 있다.
- midpoint filter는 radom하게 분포된 noise에 적용할 수 있는 filtering 방식이므로, gaussian noise에 적용해볼 수 있다.
- alpha trimmed filter는 outlier를 제거하는 방식으로, mean filter와 유사하게 gaussian noise를 제거할 수 있다.

1) Mean filter

parameter : window size 3, window size 5

| 0.1 | window = 3 | window = 5 |
|------|------------|------------|
| 시간 | 0 | 0 |
| psnr | 27.6088 | 23.6782 |
| 0.15 | window = 3 | window = 5 |
| 시간 | 0 | 0 |
| psnr | 26.0442 | 23.2726 |
| 0.2 | window = 3 | window = 5 |
| 시간 | 0 | 0 |
| psnr | 24.5223 | 22.7652 |

2) Midpoint filter

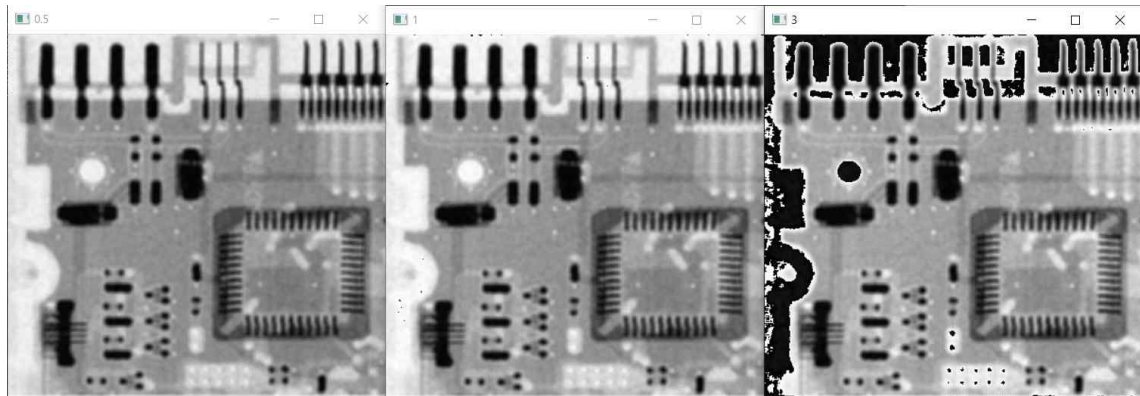
parameter : window size 3, window size 5

| 0.1 | window = 3 | window = 5 |
|--------|------------|------------|
| 시간 (s) | 0.041 | 0.072 |
| psnr | 24.8146 | 19.8523 |
| 0.15 | window = 3 | window = 5 |
| 시간 (s) | 0.041 | 0.075 |
| psnr | 23.2281 | 19.2913 |
| 0.2 | window = 3 | window = 5 |
| 시간 (s) | 0.043 | 0.074 |
| psnr | 21.6125 | 18.4965 |

3) alpha trimmed filter (window size 5)

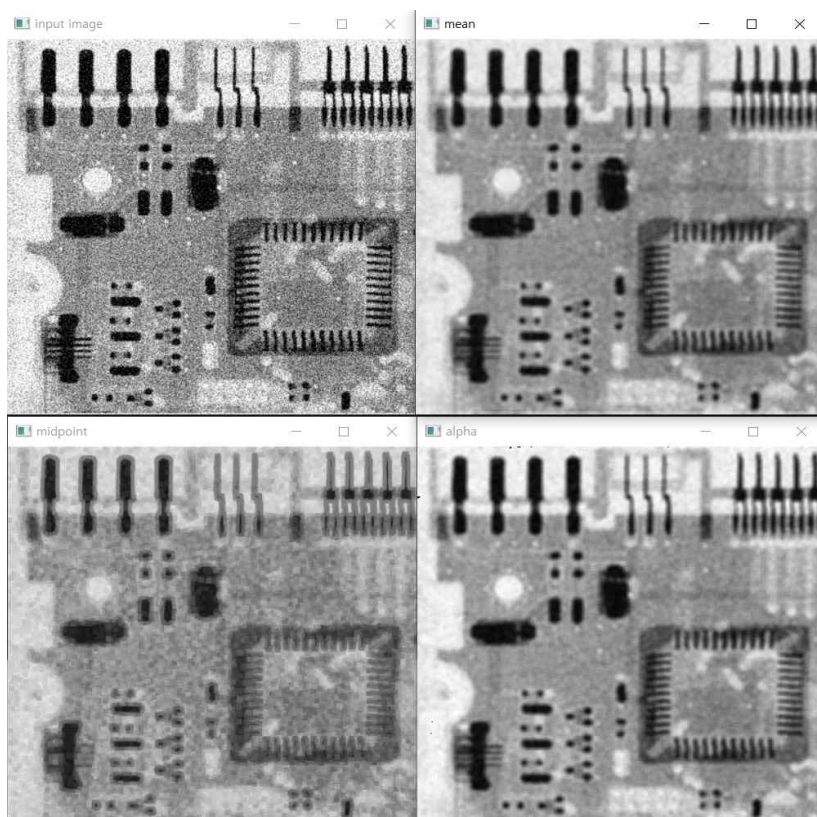
parameter : d = 0.5, d = 1, d = 3

| window size = 5 | | | |
|-----------------|---------|---------|---------|
| 0.1 | d = 0.5 | d = 1 | d = 3 |
| 시간 (s) | 0.003 | 0.004 | 0.004 |
| psnr | 23.7965 | 23.2854 | 9.89018 |
| 0.15 | d = 0.5 | d = 1 | d = 1 |
| 시간 (s) | 0.003 | 0.004 | 0.003 |
| psnr | 23.3779 | 23.0146 | 10.259 |
| 0.2 | d = 0.5 | d = 1 | d = 1 |
| 시간 (s) | 0.004 | 0.004 | 0.003 |
| psnr | 22.8568 | 22.6738 | 10.9965 |



alpha trimmed filtering은 d 값이 크면 PSNR이 가장 작지만, 어느 정도 이상 d 가 커지면 trim 되는 값이 많아져 원본 이미지를 훼손하게 된다.

분석 : mean과 midpoint 모두 0.2, window size 5인 경우 PSNR이 가장 작다. alpha trimmed filter를 사용한 경우는 원본 이미지를 훼손하지 않는 $d = 1$ 인 경우가 품질이 가장 좋다. 따라서 mean과 midpoint 는 0.2, window size 5인 경우, alpha trimmed는 $d = 1$ 인 경우를 input image와 시각적 품질 비교를 수행해본다.



시각적 품질 비교 결과, midpoint filter 적용 결과보다 mean과 alpha trimmed filter 사용 결과 품질이 더 좋았다. 따라서 gaussian noise에는 mean이나 alpha trimmed filter를 적용하는 것이 좋다. 시간적인 측면이 중요한 경우는 filtering 소요 시간이 가장 짧은 mean filter를 사용하면 좋을 것 같다.

2. Pepper

- pepper noise가 있는 이미지는 밝기 0에 해당하는 noise만 noise로 들어있는 이미지이다. 따라서 input image의 noise 평균이 0으로 수렴하지 않기 때문에 arithmetic, geometric mean filter는 적용하기 어렵다.
- contraharmonic mean filter를 적용하면, parameter Q 값에 따라 pepper noise를 제거할 지, salt noise를 제거할 지 결정할 수 있다.
- median filter는 outlier를 효과적으로 제거한다. 따라서 salt, pepper, salt and pepper noise에 모두 적용해볼 수 있다.
- alpha trimmed filter는 outlier를 제거하는 방식으로, pepper noise에 적용해볼 수 있다.

1) Contraharmonic mean filter (window size = 5)

parameter : Q = 1, 5, 10

| window size = 5 | | | |
|-----------------|---------|---------|---------|
| 0.05 | Q = 1 | Q = 5 | Q = 10 |
| 시간 (s) | 0.089 | 0.139 | 0.14 |
| psnr | 19.4881 | 16.8325 | 16.1245 |
| | | | |
| 0.1 | Q = 1 | Q = 5 | Q = 10 |
| 시간 (s) | 0.086 | 0.134 | 0.135 |
| psnr | 19.492 | 16.8432 | 16.141 |
| | | | |
| 0.15 | Q = 1 | Q = 5 | Q = 10 |
| 시간 (s) | 0.086 | 0.135 | 0.135 |
| psnr | 19.4884 | 16.8528 | 16.157 |

2) Median filter

parameter : window size 3, 5

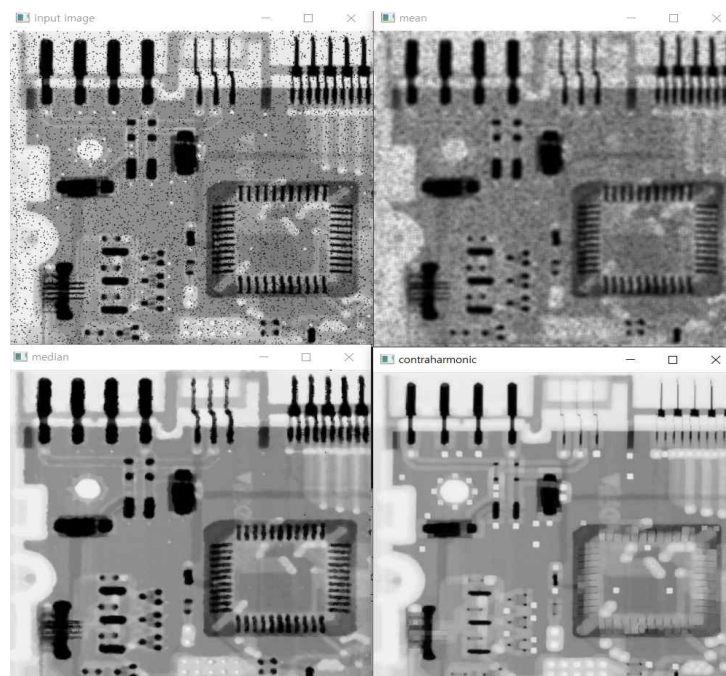
| | | |
|-------|------------|------------|
| 0.05 | window = 3 | window = 5 |
| 시간(s) | 0 | 0.001 |
| psnr | 31.0398 | 26.6184 |
| | | |
| 0.1 | window = 3 | window = 5 |
| 시간(s) | 0 | 0.001 |
| psnr | 27.4843 | 25.5616 |
| | | |
| 0.15 | window = 3 | window = 5 |
| 시간(s) | 0 | 0.001 |
| psnr | 23.7051 | 24.2465 |

3) Alpha trimmed filter (window size = 5)

parameter : $d = 0.5, 1, 3$

| window size = 5 | | | |
|-----------------|-----------|---------|---------|
| 0.05 | $d = 0.5$ | $d = 1$ | $d = 3$ |
| 시간 (s) | 0.003 | 0.003 | 0.003 |
| psnr | 22.2809 | 23.2316 | 12.5542 |
| 0.1 | $d = 0.5$ | $d = 1$ | $d = 3$ |
| 시간 (s) | 0.003 | 0.003 | 0.003 |
| psnr | 20.0864 | 21.3964 | 15.927 |
| 0.15 | $d = 0.5$ | $d = 1$ | $d = 3$ |
| 시간 (s) | 0.004 | 0.003 | 0.003 |
| psnr | 18.0656 | 19.2457 | 18.4383 |

pepper noise의 경우, alpha trimmed filter에서 d 가 너무 커서 trimming이 많이 되는 경우를 제외하면, Q 를 높게 잡았을 경우의 Contraharmonic mean filter를 적용한 경우의 PSNR이 가장 좋다. 따라서 pepper noise의 경우 적당히 큰 Q 값을 부여해 contraharmonic mean filter를 적용하는 것이 좋다. 하지만 Q 가 너무 커지면 전체적인 밝기가 올라간다는 단점이 있다. 아래는 각 필터별 PSNR이 가장 낮은 contraharmonic 0.05, $Q = 10$, median 0.15 window = 3, alpha trimmed ($d=3$ 제외) 0.15 $d=0.5$ 영상을 시각적으로 원본과 비교해본 결과이다. 역시 contraharmonic mean filter의 영상이 pepper noise 제거가 가장 잘 이루어졌다. 전체적인 영상의 밝기를 올리고 싶지 않다면 median filter를, pepper noise 완벽 제거에 초점을 맞춘다면 Q 값을 높여 contraharmonic mean filter를 사용하는 것이 좋다.



3. Salt

- salt noise가 있는 이미지는 밝기 255에 해당하는 noise만 noise로 들어있는 이미지이다. 따라서 input image의 noise 평균이 0으로 수렴하지 않는다. 따라서 arithmetic, geometric mean filter는 적용하기 어렵다.
- contraharmonic mean filter를 적용하면, parameter Q 값에 따라 pepper noise를 제거할 지, salt noise를 제거할 지 결정할 수 있다.
- median filter는 outlier를 효과적으로 제거한다. 따라서 salt, pepper, salt and pepper noise에 모두 적용해볼 수 있다.
- alpha trimmed filter는 outlier를 제거하는 방식으로, salt noise에 적용해볼 수 있다.

1) Contraharmonic mean filter (window size = 5)

| window size = 5 | | | |
|-----------------|---------|---------|---------|
| 0.05 | Q = -1 | Q = -5 | Q = -10 |
| 시간 (s) | 0.1 | 0.157 | 0.157 |
| psnr | 17.4688 | 15.3748 | 14.9608 |
| | | | |
| 0.1 | Q = -1 | Q = -5 | Q = -10 |
| 시간 (s) | 0.1 | 0.157 | 0.157 |
| psnr | 17.4613 | 15.4192 | 14.9987 |
| | | | |
| 0.15 | Q = -1 | Q = -5 | Q = -10 |
| 시간 (s) | 0.115 | 0.17 | 0.171 |
| psnr | 17.4613 | 15.4192 | 14.9987 |

2) Median filter

parameter : window size 3, 5

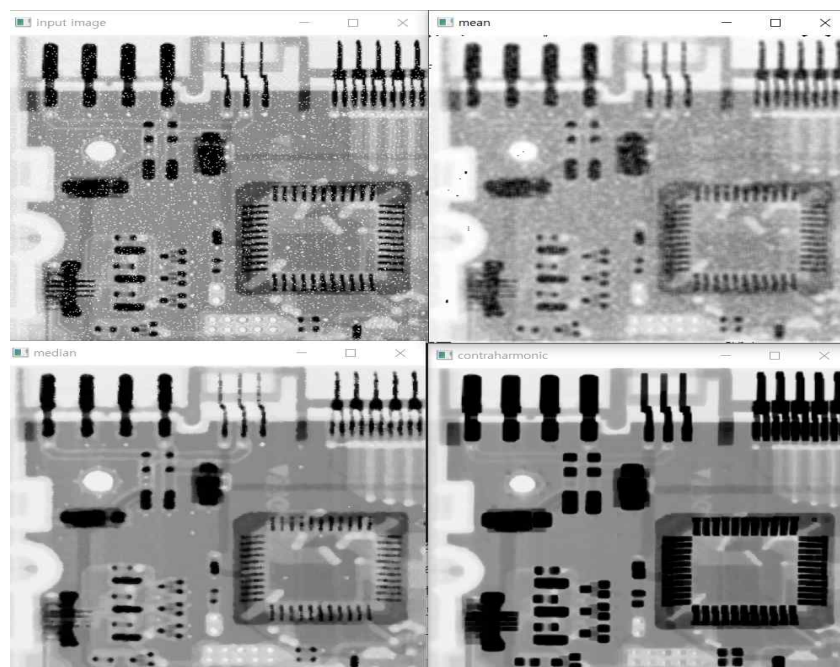
| | | |
|-------|------------|------------|
| 0.05 | window = 3 | window = 5 |
| 시간(s) | 0.001 | 0.001 |
| psnr | 31.1558 | 26.1513 |
| | | |
| 0.1 | window = 3 | window = 5 |
| 시간(s) | 0 | 0.001 |
| psnr | 28.11 | 24.8035 |
| | | |
| 0.15 | window = 3 | window = 5 |
| 시간(s) | 0 | 0.001 |
| psnr | 24.8807 | 23.3298 |

3) Alpha trimmed filter (window size = 5)

parameter : $d = 0.5, 1, 3$

| window size = 5 | | | |
|-----------------|-----------|---------|---------|
| 0.05 | $d = 0.5$ | $d = 1$ | $d = 3$ |
| 시간 (s) | 0.004 | 0.004 | 0.003 |
| psnr | 22.9734 | 21.9627 | 9.32355 |
| | | | |
| 0.1 | $d = 0.5$ | $d = 1$ | $d = 3$ |
| 시간 (s) | 0.004 | 0.003 | 0.003 |
| psnr | 21.2935 | 20.0509 | 9.00369 |
| | | | |
| 0.15 | $d = 0.5$ | $d = 1$ | $d = 3$ |
| 시간 (s) | 0.004 | 0.003 | 0.003 |
| psnr | 19.623 | 18.2971 | 8.67581 |

salt noise의 경우, alpha trimmed filter에서 d 가 너무 커서 trimming이 많이 되는 경우를 제외하면, Q 의 절댓값을 높게 잡았을 경우의 Contraharmonic mean filter를 적용한 경우의 PSNR이 가장 좋다. 따라서 salt noise의 경우 적당히 작은 Q 값을 부여해 contraharmonic mean filter를 적용하는 것이 좋다. 하지만 Q 가 너무 커지면 전체적으로 어두운 부분이 강조된다는 단점이 있다. 아래는 각 필터별 PSNR이 가장 낮은 contraharmonic 0.05, $Q = -10$, median 0.15 window = 5, alpha trimmed ($d=3$ 제외) 0.15 $d=1$ 영상을 시각적으로 원본과 비교해본 결과이다. 역시 contraharmonic mean filter의 영상이 pepper noise 제거가 가장 잘 이루어졌다. 영상에서 어두운 부분이 전체적으로 강조되는걸 원하지 않는다면 median filter를, salt noise 완벽 제거에 초점을 맞춘다면 Q 값을 낮춰 contraharmonic mean filter를 사용하는 것이 좋다.



4. Salt_pepper

- median filter는 outlier를 효과적으로 제거한다. 따라서 salt, pepper, salt and pepper noise에 모두 적용해볼 수 있다.
- alpha trimmed filter는 outlier를 제거하는 방식으로, salt and pepper noise에 적용해볼 수 있다.
- median filter를 적용해 봤으므로, adaptive median이 아닌 adaptive local noise reduction filter를 적용해보았다.

1) Alpha trimmed filter (window size = 5)

parameter : d = 0.5, 1, 3

| window size = 5 | | | |
|-----------------|---------|---------|---------|
| 0.05 | d = 0.5 | d = 1 | d = 3 |
| 시간 (s) | 0.003 | 0.004 | 0.003 |
| psnr | 22.0098 | 22.189 | 12.0137 |
| | | | |
| 0.1 | d = 0.5 | d = 1 | d = 3 |
| 시간 (s) | 0.004 | 0.003 | 0.004 |
| psnr | 20.1155 | 20.4846 | 14.5977 |
| | | | |
| 0.15 | d = 0.5 | d = 1 | d = 3 |
| 시간 (s) | 0.004 | 0.003 | 0.003 |
| psnr | 18.3951 | 18.7975 | 16.1624 |

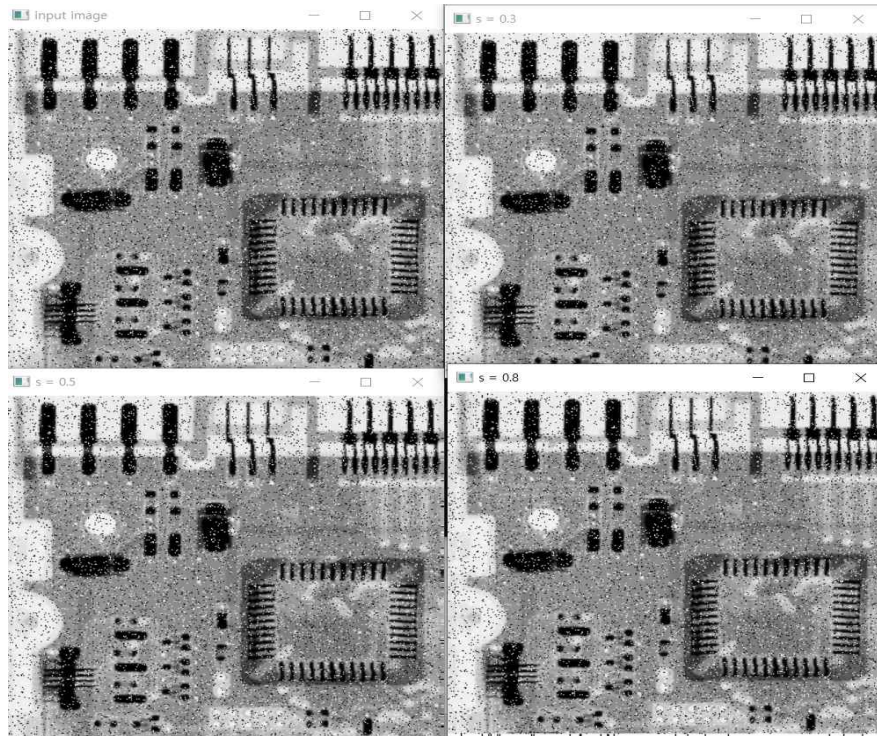
2) Median filter

parameter : window size 3, 5

| 0.05 | window = 3 | window = 5 |
|-------|------------|------------|
| 시간(s) | 0.001 | 0.001 |
| psnr | 29.9405 | 26.2292 |
| | | |
| 0.1 | window = 3 | window = 5 |
| 시간(s) | 0 | 0.001 |
| psnr | 26.167 | 25.28 |
| | | |
| 0.15 | window = 3 | window = 5 |
| 시간(s) | 0 | 0.001 |
| psnr | 22.0381 | 24.094 |

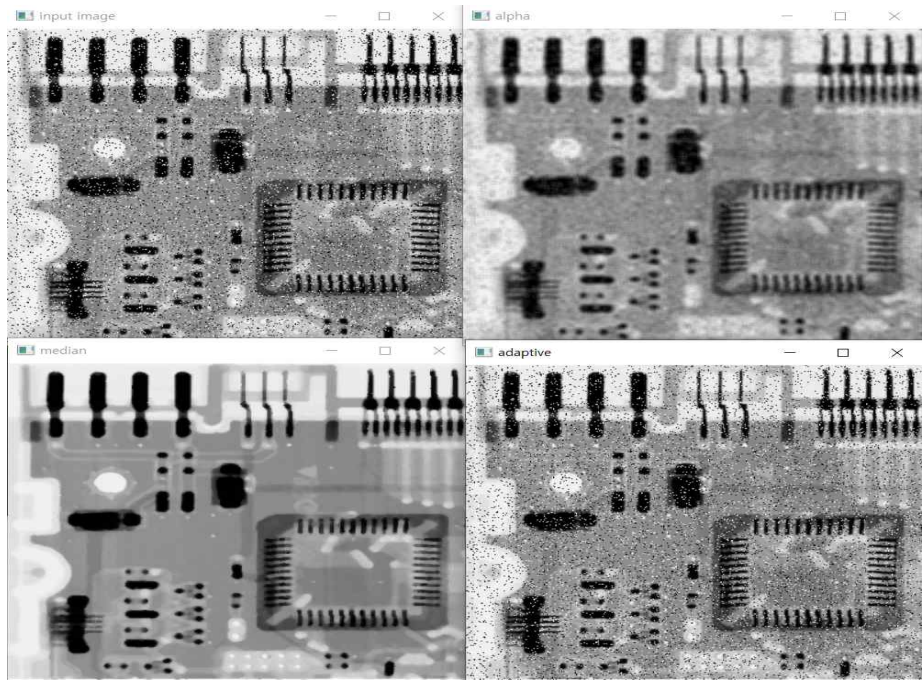
3) Adaptive filter

parameter : sigma 0.3, 0.5, 0.8



sigma 값을 바꿔가며 salt and pepper noise가 있는 input image에 adaptive filter를 적용해본 결과이다. PSNR 값과 관계없이 salt and pepper noise를 잘 제거하지 못하는 것을 확인할 수 있다. Salt and pepper noise 와 같은 impulse noise에는 outlier를 제거하는 median filter 혹은 alpha trimmed mean filter를 사용하는 것이 좋다.

salt_pepper_0.05 이미지에 대해 각각 PSNR 값이 가장 좋았던 parameter를 사용해 input image와 시각적 품질 비교를 해보았다. salt and pepper noise가 제거된 정도는 시각적으로 median filter가 가장 결과가 좋았다. salt and pepper noise에는 median filter를 적용하는 것이 적합하다.



5. Uniform Noise

- uniform noise에는 impulse noise 제거에 좋은 방식들을 제외하고, mean과 midpoint filter를 적용해 보았다.

1) Mean filter

parameter = window size 3, window size 5

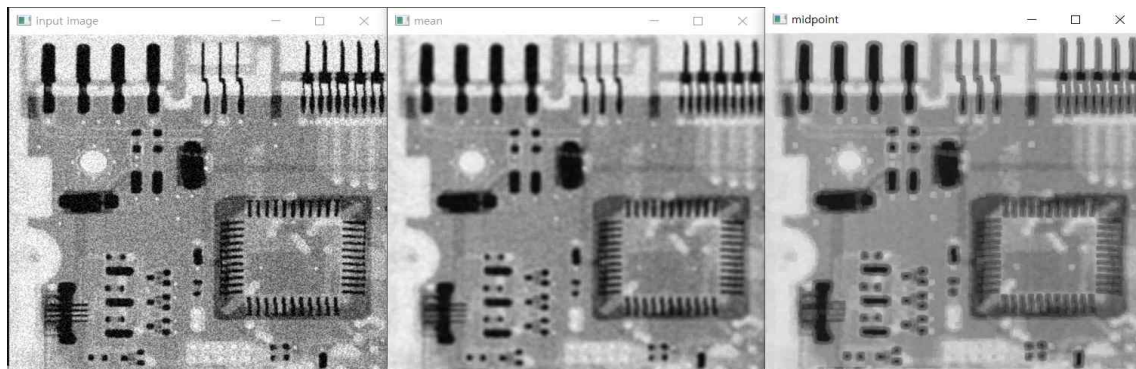
| | | |
|------|------------|------------|
| 0.1 | window = 3 | window = 5 |
| 시간 | 0.001 | 0.001 |
| psnr | 28.1084 | 23.784 |
| 0.15 | window = 3 | window = 5 |
| 시간 | 0 | 0 |
| psnr | 26.8398 | 23.4824 |
| 0.2 | window = 3 | window = 5 |
| 시간 | 0 | 0 |
| psnr | 25.5242 | 23.0948 |

2) Midpoint filter

parameter = window size 3, window size 5

| | | |
|--------|------------|------------|
| 0.1 | window = 3 | window = 5 |
| 시간 (s) | 0.043 | 0.074 |
| psnr | 25.7427 | 20.0368 |
| 0.15 | window = 3 | window = 5 |
| 시간 (s) | 0.043 | 0.074 |
| psnr | 24.9465 | 19.843 |
| 0.2 | window = 3 | window = 5 |
| 시간 (s) | 0.043 | 0.071 |
| psnr | 23.9458 | 19.5114 |

mean과 midpoint 모두 0.2, window size 5인 경우 PSNR이 가장 작다. 또한, mean과 midpoint의 PSNR 비교 시 midpoint의 PSNR 값이 더 작다. 0.2, window size 5인 uniform noise 이미지에 대해 시각적 비교를 수행한 결과 midpoint filter를 적용했을 때 noise가 더 효과적으로 제거된 것을 확인할 수 있다.



따라서 uniform noise 제거 시에는 impulse noise 제거에 효과적인 방법들을 제외하고 mean 과 midpoint filter 중 midpoint filter를 적용하고, 가능 범위에서 큰 window size를 parameter로 선택하는 것이 좋다.