

Image Denoising Project

임우진, 정선화

순천향대학교 사물인터넷학과, 국민대학교 전자공학부

woojin2296@kakao.com, tisghk4843@kookmin.ac.kr

요 약

노이즈가 낀 이미지의 노이즈 제거를 목적으로 이 프로젝트를 시작하였고 노이즈 제거를 위해 다양한 필터를 시도해 보았다. 먼저 평균값 필터는 필터 크기 21에서 PSNR 값이 가장 높게 나타났지만 흐림 정도가 높아지고 경계 정보가 흐려지는 문제가 발생했다. 이를 보완하기 위해 가우시안 함수 형태의 가중치를 적용하여 평균을 계산해 보았고 필터 크기 11에서 최대 PSNR 값을 얻었다. 흐림 정도는 조금 개선되었지만 PSNR의 큰 변화는 없었다. 메디안 필터는 중앙값을 사용하여 잡음 제거에 우수한 성능을 보였으나, 흐림과 경계 정보 손실 문제가 나타났다. 이를 해결하기 위해 메디안 혼성 필터를 시도했지만 PSNR 값이 낮아서 성능 향상을 이루지 못하였다. 비지역평균 필터는 두 개의 패치를 사용하여 유사도를 비교하고 가중 평균을 계산하는데, PSNR 값이 다른 필터보다 우수한 성능을 보였다. 필터의 합성 실험에서는 메디안 필터와 라플라시안 필터를 조합한 경우 성능 개선이 나타나지 않았지만 메디안 필터와 비지역 평균 필터를 결합한 경우가 최적으로 성능이 나타났다. 메디안 필터 크기 3, 비지역 평균 필터 윈도우 사이즈 20, 패치 사이즈 2, 시그마 값 5에서 최대 PSNR 값을 얻었다.

1. 서론

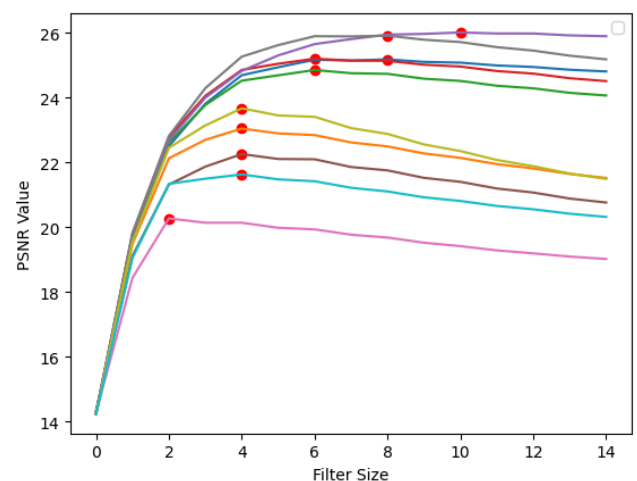
잡음이 낀 이미지의 잡음 제거를 목적으로 이 프로젝트를 시작하였다. 소금&후추 잡음, 가우시안 잡음이 낀 이미지와 해당 이미지의 원본을 대상으로 프로젝트를 진행하였다. 노이즈 제거를 위해 다양한 필터를 적용하였고, 각 필터들의 성능과 어떤 필터들을 결합하여 사용하는 것이 효과적인지 확인하였다. 필터 성능의 지표로는 PSNR 값을 사용하였다. PSNR 값은 사진 화질에 대한 손실 정보를 평가할 수 있는 지표로 PSNR 값이 높을수록 손실이 적다는 의미이다. 이번 프로젝트를 통해 소금&후추 잡음과 가우시안 잡음에 가장 효과적인 필터를 찾아 가장자리나 경계가 흐려지거나 뭉개지는 현상 없이 최대한 원본 이미지에 가깝게 복원하여 높은 PSNR 값을 얻는 것을 목표로 하였다.

PSNR 값은 필터 크기 21에서 PSNR값 26.011로 가장 높게 나왔다.

표 1. 평균값 필터 사진별 PSNR

Filter size	baby	bagies	beach	book	dog	girl_ari	house	kitty	lego	street	평균
1	14.28913987	14.28070255	14.2404556	14.24614066	14.23137268	14.27671196	14.24103284	14.22628492	14.23250381	14.2587555	
3	19.70557311	19.48475347	19.70444445	19.79730663	19.77265162	19.114811	18.43721262	19.82452764	19.54336661	19.05009155	19.44347387
5	22.50223469	22.12762349	22.61773218	22.7826048	22.6840077	20.27373822	22.81733192	22.45166046	21.33990664	22.09145103	
7	23.81082783	22.6985345	23.77284833	24.05697664	23.99895404	20.13967269	24.29277515	23.14183681	21.49741387	22.92806231	
9	24.6917803	23.04600362	24.52343728	24.85437558	24.82430307	22.25806673	20.13966949	25.26323216	23.66974918	21.63066539	23.49033538
11	24.93821242	22.89555076	24.68822658	25.04524696	25.30342913	19.98293142	25.62079909	23.45071326	21.47666869	23.5509276	
13	25.16913054	22.84426868	24.85243162	25.20041536	25.65239775	20.09709514	19.934271	25.89578265	23.40695636	21.41974192	23.6474491
15	25.14545927	22.6176287	24.75371023	25.14215567	25.8058524	21.85859302	19.77033988	25.8888628	23.05978002	21.21760229	23.52599816
17	25.18003225	22.49404627	24.73860376	25.13592224	25.94411342	19.68221817	25.91302376	22.87925305	21.1040726	23.48204638	
19	25.10295358	22.27800748	24.58395336	25.01559815	25.96664519	21.52426825	25.78736791	22.55512897	20.9240385	23.32601745	
21	25.07930622	22.14083494	24.51498059	24.95898053	26.01102888	21.40156744	19.41690271	25.71452356	22.35040958	20.80970768	23.23982411
23	24.99213011	21.94775517	24.36690145	24.82047848	25.97896018	21.19524522	19.28663623	25.5756977	22.07486171	20.65775303	23.08782913
25	24.9583821	21.81508602	24.28685578	24.74035306	25.97837056	21.07070217	19.1981566	25.4079614	21.88346864	20.55367737	22.99189436
27	24.85991818	21.84521753	24.14774858	24.59877606	25.92035443	20.88562915	19.09492068	25.2945203	21.65685719	20.41765953	22.85216334
29	24.80769896	21.52165764	24.06523891	24.50905198	25.89571966	20.76329438	19.02027566	25.18012307	21.49078057	20.31860421	22.75724451

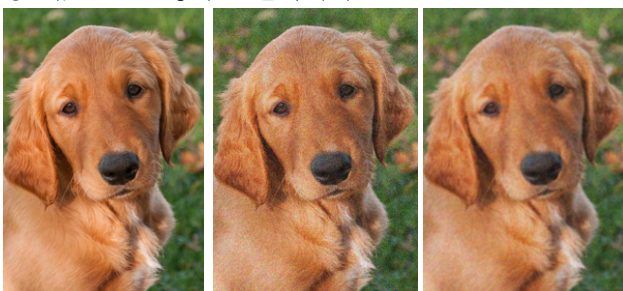
그래프 1. 평균값 필터 사진별 PSNR



2. 다양한 필터 구현

2.1 평균값 필터

평균값 필터는 사진의 화소를 주변 화소들의 평균값으로 설정하는 필터이다.



원본

잡음

결과

사진 1. 평균값 필터

평균값 필터를 적용시키게 되면 소금&후추 잡음은

사라지지만 경계 정보를 흐리게 만든다는 문제점이 있다. 이는 주변부의 화소 정보를 활용할 때 너무 멀리 있는 화소 정보까지 활용한 것이다. 즉, 가까이 있는 화소 값과, 멀리 있는 화소 값을 동일하게 취급한 것이라고 할 수 있다.

2.2 가우시안 필터

이 부분을 개선하기 위해 나온 필터가 가우시안 필터이다. 가우시안 필터는 평균값 필터에서 평균을 구할 때 가우시안 함수 형태의 가중치를 부여하여 가중 평균을 구하는 필터이다. 즉, 멀리 있는 화소일수록 가중치 값을 낮추고, 가까이 있는 화소일수록 가중치 값을 높여 주변 화소의 정보를 더 많이 활용하는 것이다.



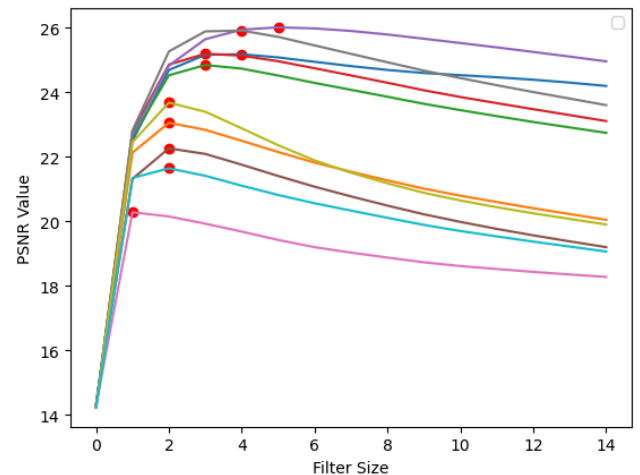
원본 잡음 결과
사진 2. 가우시안 필터

PSNR 값은 필터 크기 11에서 26.016으로 가장 높게 나왔다.

표 2. 가우시안 필터 사진별 PSNR

Filter Size	baby	bagles	beach	book	dog	girl_ani	house	kitty	lego	street	평균
1	14.28913987	14.28070255	14.24045556	14.24614066	14.23372688	14.32162018	14.27671196	14.24103284	14.22628492	14.23250381	14.25875555
3	22.5026718	22.13243904	22.62035601	22.78473039	22.68735257	21.31967407	20.28365424	22.81846245	22.45598744	21.94872007	22.09542681
5	24.69473816	23.05676595	24.53150067	24.86252231	24.83149896	22.26454024	20.15320025	25.27007929	23.06204262	21.64587148	23.49948401
7	25.16546612	22.83880064	24.84773044	25.19753349	25.64989623	22.09235939	19.9303408	25.8915702	23.39984107	21.41410208	23.64279487
9	25.18268619	22.49796373	24.73692119	25.13901542	25.94495718	21.75807894	19.68446265	25.9165196	22.88497682	21.10686712	23.48524688
11	25.08306667	22.14980945	24.52276814	24.96580372	25.01663181	21.40820277	19.4253419	25.72116302	22.36103611	20.81955902	23.24733626
13	24.94837739	21.82379196	24.29337969	24.74760884	25.98257168	21.07534048	19.20127377	25.45589999	21.89169233	20.56225532	22.99821317
15	24.81472599	21.53888147	24.07905778	24.52466791	25.90394058	20.77495913	19.0320335	25.19351903	21.50902141	20.33468395	22.77055907
17	24.69566657	21.27038578	23.86415506	24.29742837	25.7940359	20.48969687	18.87892373	24.93301232	21.17984756	20.11138378	22.55148089
19	24.60067137	21.01484358	23.64582792	24.0645012	25.66311032	20.22047764	18.73178642	24.67493057	20.88671173	19.89120736	22.33940681
21	24.53401111	20.79793265	23.44991139	23.85701037	25.53039767	19.98486331	18.61578657	24.44334471	20.64877564	19.70221037	22.15643438
23	24.46942784	20.60037964	23.26344697	23.66630782	25.39523535	19.76776557	18.52483279	24.22204064	20.44036817	19.53565794	21.98854627
25	24.39324361	20.40897912	23.08215446	23.47934796	25.25362529	19.56786799	18.43522157	24.01018194	20.25013201	19.37366277	21.8254424
27	24.30291494	20.22803248	22.91424593	23.29574399	25.11024599	19.38205107	18.3554911	23.80783855	20.07738475	19.22081626	21.66947651
29	24.19990272	20.05018851	22.74635445	23.11102701	24.96155953	19.20184638	18.27845723	23.60515364	19.9059654	19.06547737	21.51259322

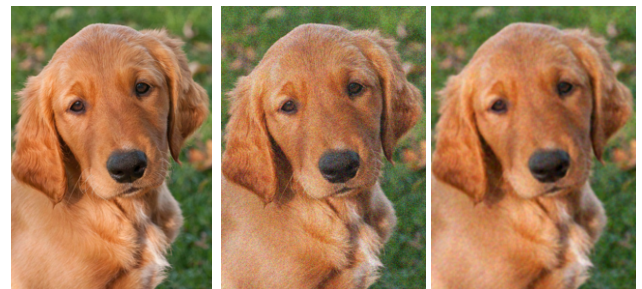
그래프 2. 가우시안 필터 사진별 PSNR



평균값 필터와 PSNR 값의 큰 차이는 없지만 사진을 보았을 때 전체적인 흐림 정도가 조금 적어진 것을 알 수 있다.

2.3 메디안 필터

평균값 필터와 가우시안 필터는 주변 화소에 많은 영향을 준다는 단점이 있다. 메디안 필터는 이러한 단점을 조금 보완한 필터로 사진의 화소들을 주변 화소들의 중앙값으로 설정하는 필터이다.



원본 잡음 결과
사진 3. 메디안 필터

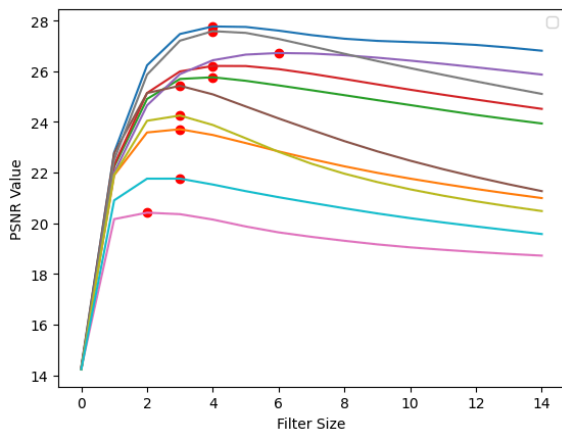
PSNR 값은 필터 크기 13에서 26.719로 가장 높게 나왔다.

메디안 필터는 필터 사이즈에 따라 중앙값을 계산하는 값들의 범위가 달라진다. 필터 사이즈를 1~29 사이의 홀수 값으로 지정해 사진별 PSNR 값을 측정해 보았다.

표 3. 메디안 필터 사진별 PSNR

Filter size	babby	bagles	beach	book	dog	girl_arm	house	kitty	lego	street	평균
1	14.28913987	14.28702555	14.24204556	14.24614066	14.23137268	14.32162018	14.27671196	14.24103284	14.22628492	14.23250381	14.2587555
3	22.79263426	21.89216571	22.22733464	22.28441025	21.99450419	22.75998767	20.16101857	22.50148344	21.91052743	21.90187232	21.94399185
5	26.2386116	23.58204748	24.90451717	25.14008159	24.65130077	25.13841179	20.41600969	25.86407596	24.04394086	21.75852401	24.17325809
7	27.48914533	23.70984376	25.6939136	25.99141081	25.88531448	25.42446324	20.35670921	27.2057614	24.25064128	21.75921923	24.77464215
9	27.78664897	23.48317573	25.76121568	26.20835253	26.4343828	25.08634479	20.14439755	27.58183369	23.87786015	21.52656448	24.78696318
11	27.74774489	23.16362945	25.62190147	26.20440639	26.65589963	24.60818258	19.87095781	27.51344946	23.35282804	21.26540648	24.6004062
13	27.60284115	22.83495075	25.44003211	26.0828691	26.7191653	24.13335618	19.6380803	27.27399102	22.81731358	21.02611381	24.35705133
15	27.42582892	22.53030486	25.24986795	25.89830159	26.70004305	23.68132301	19.4614796	26.98390112	22.34851744	20.80473886	24.10831344
17	27.2832257	22.34491246	25.05402062	25.69230154	26.63238397	23.240627	19.3058816	26.68877675	21.9548888	20.58894055	23.868606
19	27.19747375	21.98647819	24.85758999	25.4795104	26.53445352	22.8363306	19.16356219	26.40020121	21.62427927	20.38500237	23.64668895
21	27.15156519	21.7601034	24.66403933	25.27044946	26.41832914	22.46807569	19.04641966	26.12343892	21.33737414	20.19890416	23.44837737
23	27.1083101	21.55000232	24.4676373	25.07170743	26.29039519	22.13243948	18.95064845	25.85888984	21.08689244	20.03040135	23.25453239
25	27.03820328	21.35178234	24.27529682	24.8813221	26.1544572	21.82206109	18.86447066	25.59928262	20.86521572	19.87169494	23.07237868
27	26.93439424	21.16626919	24.101406	24.69535326	26.01324555	21.53350353	18.7876275	25.3494609	20.66483638	19.72078147	22.8966881
29	26.80914819	20.99251632	23.95638945	24.51347836	25.86837098	21.2668311	18.71984674	25.10392376	20.47967683	19.57329484	22.72634766

그래프 3. 메디안 필터 사진별 PSNR



대부분의 사진에서 필터 사이즈가 5~13일 때 PSNR 최댓값이 나왔다. 평균적으로 9에서 24.786으로 최댓값을 가졌다. 또한 대부분의 사진에서 높은 평균값을 가졌고 잡음도 성공적으로 제거하였으나 여전히 사진이 흐려지고 경계 정보가 흐려지는 문제점이 발견되었다.

2.4 메디안 혼성 필터

메디안 혼성 필터는 그냥 메디안의 문제점을 해결하기 위해 고안된 필터이다.

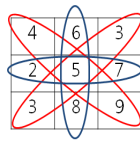


사진 4. 메디안 혼성 필터의 원리

중앙값을 찾을 때 단순히 필터 내부의 모든 화소의 중앙값을 구하는 것이 아닌 [사진 4] 처럼 붉은색 부분의 중앙값과 푸른색 부분의 중앙값을 따로 구하고 그 구한 값들의 중앙값을 구하는 방식으로 경계 부분의 정보를 보존할 수 있다.



원본 잡음 결과
사진 5. 메디안 혼성 필터

그러나 구현 과정에서의 문제인지 PSNR 값이 일반 메디안보다 낮게 나오고 필터의 적용 소요시간이 너무 많이 걸려 추가적인 진행은 할 수 없었다.

2.5 비지역평균 필터

비지역 평균 필터는 두 개의 패치 속 두 개의 픽셀들 간의 유사도를 비교하여 유사도가 높을수록 가중치를 주어서 평균을 내는 필터이다. 모든 픽셀들에 대해 적용되어 다른 필터들과 비교했을 때 우수한 성능을 보였으나, 그만큼 실행 시간이 오래 걸리는 단점이 있었다.

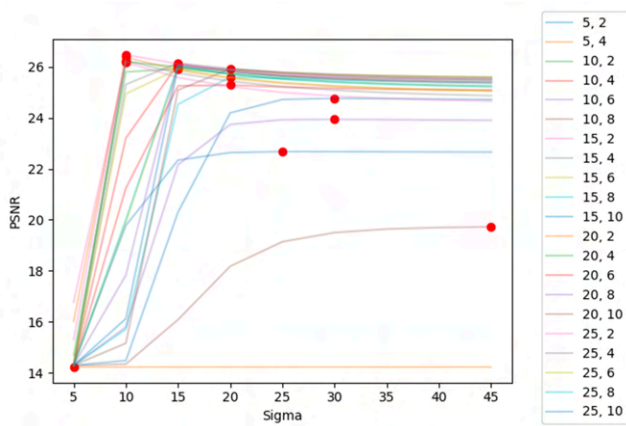


원본 잡음 결과
사진 6. 비지역 평균 필터

위의 사진들은 비지역평균 필터를 적용한 사진들의 결과이다. 잡음이 어느 정도 제거가 잘 된 것으로 보이며 메디안 필터의 결과와 비교해 봤을 때 털 묘사 부분에서 더 선명하게 나온 걸 확인할 수 있다.

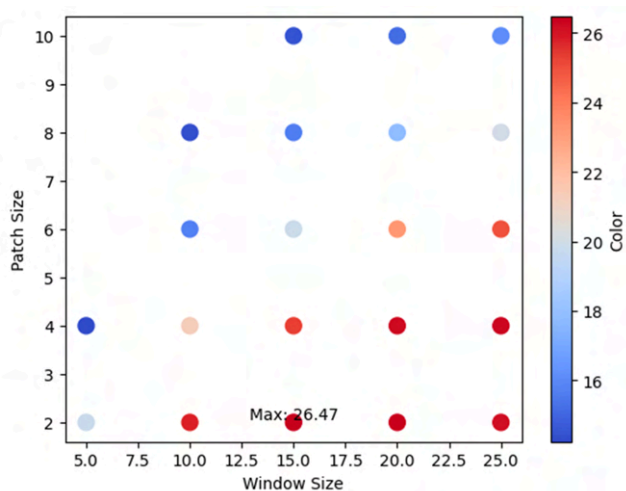
비지역평균 필터에는 두 개의 패치가 존재하는데, 패치를 생성하는 영역의 크기를 윈도우 사이즈, 그 영역 안에서 생성되는 패치를 패치 사이즈라는 변수로 두었다.

그래프 4. 비지역 평균 필터 원소별 PSNR값



이 그래프는 윈도우 사이즈가 5~25, 패치 사이즈가 2~10인 경우에 시그마 값에 따른 PSNR 수치 그래프이다. 시그마 값이 10인 경우에 가장 높은 PSNR 값이 나왔다.

그래프 5. 비지역 평균 필터 원소별 PSNR



시그마 값 10에서 높은 PSNR 값이 나오는 것을 확인하고, 시그마 값이 10일 때 윈도우 사이즈와 패치 사이즈에 따른 PSNR 값을 위의 그래프에 색상을 통해 나타내었다. 그 결과 윈도우 사이즈 15, 패치 사이즈 2, 시그마 값 10일 때, PSNR 값이 가장 높았다는 것을 확인할 수 있었다.

3. 필터의 합성

3.1 메디안 필터 + 라플라시안 필터

라플라시안 필터는 사진에서 고주파 부분을 분리해낼 수 있어 모서리 부분을 더 보강할 수 있는 필터이다.

메디안 필터의 결과로 모서리 부분의 선명도가 낮아진 점이 아쉬워 라플라시안 필터와 함께 사용하면 보완이 될 것이라고 생각해 시도해 보았다.



원본 잡음 결과
사진 7. 메디안 필터 + 라플라시안 필터

메디안 필터만 적용했을 때와 비교했을 때 사진이 더 선명해지거나 성능이 좋아지는 부분은 없었다.

표 4. 메디안 필터 + 라플라시안 필터 사진별 PSNR

Filter size	babies	bagles	beach	book	dog	girl_ami	house	kitty	lego	street	평균
1	8.85820241	8.807352694	8.72838467	8.71954485	8.660451248	9.04224129	8.903855161	8.69565129	8.65427159	8.724089156	8.784149687
3	17.19617192	16.72773601	16.7675176	16.79436508	16.5725567	17.51073251	15.94845597	16.81113414	16.47079977	16.08931408	16.68887838
5	22.38104453	20.79763656	21.51665917	21.64554855	21.29105592	22.06431139	18.56006893	22.024788	21.00946635	19.49919377	21.07903912
7	25.12365704	22.41582207	23.863212	24.04756221	23.94272334	23.95364041	19.6058729	24.87641341	22.85985501	20.78947017	23.14782294
9	26.39517999	22.8802148	24.77901244	25.15178742	25.29492754	24.42547192	19.81873777	26.25329253	23.27171654	21.0549693	23.93252006
11	26.93778471	22.861034	25.06727801	25.6225788	25.95902892	24.30363069	19.68911761	26.75597579	23.07653866	21.00876233	24.12817295
13	27.10192713	22.66804348	25.10935601	25.74820791	26.27153952	23.99717811	19.51747082	26.82392224	22.67125514	20.88083164	24.0790012
15	27.0858658	22.43846862	25.04281409	25.68495517	26.3883091	23.62156629	19.39071109	26.70359904	22.26154735	20.72049011	23.9358267
17	27.03179237	22.18725728	24.91975482	25.56655834	26.4195142	23.21422753	19.23991072	26.50704546	21.89878797	20.53318317	23.75380319
19	27.0053025	21.95018828	24.76571837	25.39914276	26.37855656	22.82501395	19.12339943	26.27668046	21.58515924	20.34302834	23.56523199
21	27.00721116	21.73674802	24.60125479	25.21872413	26.29829394	22.46270274	19.01408093	26.03616601	21.30916587	20.16551579	23.38488664
23	27.00186035	21.53595391	24.41982248	25.03649346	26.198984	22.12027315	18.92841251	25.79028044	21.08423155	20.0598894	23.21117913
25	26.95760512	21.341319	24.23191653	24.85959431	26.07891887	21.8210643	18.84554651	25.55019288	20.84803323	19.85272177	23.03867125
27	26.8846516	21.13794799	24.088885	24.68038072	25.9507225	21.53423496	18.77089559	25.31174743	20.65204804	19.70646214	22.8701773
29	26.75157519	20.98650762	23.91200689	24.50145683	25.81529252	21.26831666	18.70474291	25.07934464	20.46859073	19.56216471	22.70486815

필터 사이즈 17에서 27.42로 가장 높은 PSNR 값이 나오는 것을 확인하였으나 메디안 필터만 적용하였을 때의 PSNR 값인 26.71보다 낮은 결과를 보여주었다. 다른 사진들에 대해서도 적용해 본 결과 필터 사이즈 9에서 17사이에서 높은 PSNR 값이 나오긴 하였지만 메디안 필터만 단독으로 적용하였을 때보다 높은 값을 내지는 못 하였다.

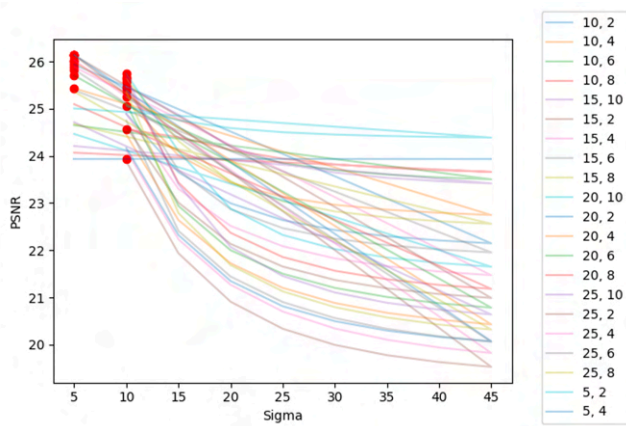
3.2 메디안 필터 + 비지역 평균 필터

메디안 필터와 비지역 평균 필터를 합쳐보았다.

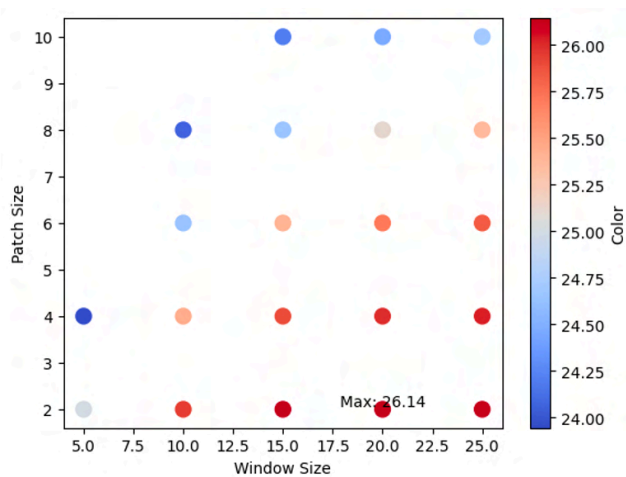


원본 잡음 결과
사진 8. 메디안 필터 + 비지역 평균 필터

그래프 6. 메디안 필터 + 비지역 평균 필터 원소별 PSNR



그래프 7. 메디안 필터 + 비지역 평균 필터 원소별 PSNR



여러 시도들을 해보았을 때, 메디안 필터 사이즈가 3, 비지역 평균 필터의 윈도우 사이즈 20, 패치 사이즈 2, 시그마 값 5에서 최대 PSNR 값이 나왔다.

메디안 필터와 라플라시안 필터를 적용한 것과 메디안 필터와 비지역 평균 필터를 적용한 것을 비교해 보면 비지역 평균 필터를 함께 사용한 것이 약 0.86 정도 더 높은 PSNR 값을 가지는 것을 볼 수 있다. 또한 메디안 필터와 비지역 평균 필터를 단독으로 적용하였을 때와 비교하여도 두 필터를 동시에 적용하였을 때 0.56 정도 더 높은 PSNR 값을 가졌다. 사진으로도 결과가 확실하게 나타났다.

4. 결론

위의 결과들을 바탕으로 메디안 필터와 비지역 평균 필터를 같이 사용하는 것이 가장 높은 PSNR 값을 가진다고 보았다. 메디안 필터 사이즈 3, 비지역 평균 필터 윈도우 사이즈 20, 패치 사이즈 2, 시그마 값 5로 다른 사진들에도 적용한 결과 아래 표와 같은 결과가 나왔다.

표 5. 데이터셋의 최종 PSNR

Name	PSNR	Name	PSNR
baby	30.0227362	card	26.1433718
bagles	26.4687331	child	28.4849163
beach	28.7449572	gallery	28.4397122
book	29.7585038	love	25.8326079
dog	27.5945485	plate	30.0574263
girl_ani	28.4290514	rain	21.5853902
house	22.2518124	roof	28.9187422
kitty	30.4393410	room	25.6707904
lego	27.0374887	sky	28.9764394
street	23.9614888	train	27.1232033

이전에 했던 필터들에 대한 결과값과 비교해 봤을 때 전체적으로 높은 값들이 나온 것을 볼 수 있다. 결과 사진에서도 볼 수 있듯이 노이즈 제거가 잘 된 걸로 보여지며 가장자리나 경계가 흐려지는 현상도 많이 해결이 되었다. 이번 프로젝트는 위의 결과로 마무리하게 되었지만 또 다른 파라미터 값들에서 혹은 다른 필터들에서 더 좋은 결과가 나올 수 있을 거라고 생각한다.

참고문헌

- [1] Stan Birchfield, 2020, “영상처리 및 분석,” 도서출판 홍릉(홍릉과학출판사)
- [2] 노이즈란무엇인가? - https://www.cubox.ai/board/research/board_view.php?&page=1&num=24
- [3] 다양한 필터 - https://www.cubox.ai/board/research/board_view.php?&page=1&num=46
- [4] 하이퍼 메디안 필터 - <https://blog.naver.com/bsh0128/80153362806>