

MATLAB을 이용한 디지털 영상처리의 기초

8.1 서론

영상 복원은 영상을 획득하는 과정에서 발생하는 열화(화질의 저하)를 방지하거나 감소시키는 처리를 의미한다. 이러한 화질의 저하는 화소의 값에 오차를 발생하는 잡음을 포함하고, 초점의 흐림 또는 카메라의 움직임에 의한 떨림 현상과 같은 광학적 오차를 포함한다.

8.1.1 영상의 열화 모델

공간영역에서, 영상 $f(x,y)$ 와 공간필터 $h(x,y)$ 가 회선처리에 의해 어떤 결과 영상 $g(x,y)$ 를 생각하자. 만일 $h(x,y)$ 가 라인형태로 구성된다면 회선처리의 결과는 라인 방향으로 움직이는 흐림이 생긴다. 이를 아래와 같이 표현할 수 있다.

- `f = imread('cameraman.tif');`
- `h = fspecial('motion',10,45);`
- `g = imfilter(f,h,'replicate');`
- `imshow(g); title('Motion Blurred Image');`
- `>> h`

• `h =`

- `0 0 0 0 0 0 0 0.0145 0`
- `0 0 0 0 0 0 0.0262 0.0896 0.0145`
- `0 0 0 0 0 0.0262 0.0896 0.0262 0`
- `0 0 0 0 0.0262 0.0896 0.0262 0 0`
- `0 0 0 0.0262 0.0896 0.0262 0 0 0`
- `0 0 0.0262 0.0896 0.0262 0 0 0 0`
- `0 0.0262 0.0896 0.0262 0 0 0 0 0`
- `0.0145 0.0896 0.0262 0 0 0 0 0 0`
- `0 0.0145 0 0 0 0 0 0 0`

Motion Blurred Image



제 8장 영상 복원

f : 노이즈 있는 원본 영상

h : 노이즈 제거 필터

$$g(x, y) = f(x, y) * h(x, y)$$

여기서 *는 회선을 표시한다. 그러나 모두가 그런 것은 아니며, 회선처리에 추가되는 함수로 모델화 될 수 있는 잡음을 고려해야 한다. 따라서 발생 가능한 불규칙한 오차를 $n(x, y)$ 로 표현하면, 열화 영상은 아래와 같이 쓸 수 있다.

$$g(x, y) = f(x, y) * h(x, y) + n(x, y).$$

8.2 잡 음

외부의 교란에 의해 영상신호의 열화를 초래하는 잡음을 정의해 보자. 영상이 한 곳에서 다른 곳으로 전자적으로 전송되는 경우, 즉 위성을 거치거나 무선 전송 혹은 유선망을 통해 전송되는 경우, 영상신호에 오차를 일으킬 가능성이 많다.

이 장에서 표준 잡음의 형태를 조사하고 영상에서 이들의 효과를 제거 또는 줄이는 다른 방법을 알아본다. 4가지의 잡음의 형태와 이들이 영상에 어떻게 나타나는 가를 알아본다.

8.2.1 salt and pepper(깨소금) 잡음

임펄스잡음, shot잡음, 이진화잡음 또는 깨소금(salt and pepper)잡음 이라고 하며, 이는 영상신호에서 예리하고 급작스런 교란으로 영상 전반에 걸쳐 black and white로 불규칙하게 퍼져서 나타난다.

제 8장 영상 복원

이를 알아보기 위해 컬러영상을 흑백영상으로 아래와 같이 변환한다.

```
>> tw=imread('twins.tif');  
>> t=rgb2gray(tw);
```

여기에 잡음을 첨가하기 위해 MATLAB 함수 `imnoise` 이용하여 여러 가지 다른 파라미터를 아래와 같이 취한다.

```
>> t_sp=imnoise(t,'salt & pepper');
```

디폴트로 첨가되는 잡음의 양은 10%이고, 오염될 화소들에 분수형태로 0과 1사이의 값을 선택적으로 증가 또는 감소하여 지정할 수 있다. 예를 들어 개소금잡음으로 화소들을 20%로 영상을 만들려면 아래와 같다.

```
>> imnoise(t,'salt & pepper',0.2);
```




(a)



(b)

그림 8.1 영상의 잡음 (a) 원 영상 (b) 잡음이 첨가된 영상

8.2.2 가우시안 잡음 *디해징 모델*

이것은 이상적인 백색잡음으로서 신호에 불규칙한 요동으로 나타난다. 대표적 예로 TV의 특정 채널이 동조가 되지 않을 때 백색잡음을 볼 수 있다. 가우시안 잡음은 정규분포를 가지는 백색잡음이다. 영상을 I 로, 가우시안잡음을 N 으로 표현하면 간단히 이 2개의 신호를 합하면 잡음이 첨가된 영상을 아래와 같이 모델화할 수 있다.

$I + N$. *백색잡음 : 평균값이 0*

여기서 I 는 영상의 각 화소들의 값을 나타내는 매트릭스이고, N 은 각 요소들이 정규분포를 가지는 매트릭스라 가정한다. 이 표현은 잡음에 대한 적절한 모델이라 할 수 있다. 다시 `imnoise` 함수로서 이 효과를 아래와 같이 얻을 수 있다.

```
>> t_ga=imnoise(t,'gaussian');
```

개소금잡음과 마찬가지로 "gaussian" 파라미터도 잡음의 평균과 분산을 선택 값으로 지정할 수 있다. 디폴트값은 그림 8.2 (a)와 같이 평균치 0과 분산 값 0.01이다.



(a)



(b)

그림 8.2 가우시안 및 반점잡음으로 오염된 영상 (a) 가우시안 (b) 반점

8.2.3 반점잡음(speckle noise)

가우시안잡음은 영상에 단순히 불규칙한 값으로 첨가되는 모델이지만, 반점잡음은 화소 값에 불규칙한 값이 곱해지는 모델로 적용될 수 있다. 따라서 이를 multiplicative noise 라고도 한다. 반점잡음은 레이더의 응용에 주로 문제가 된다. 위에서와 같이, imnoise 함수로 반점잡음을 아래와 같이 만들 수 있다.

그 결과는 그림 8.2 (b)와 같다. MATLAB에서 반점잡음은 아래와 같이 구현된다.

```
>> t_spk=imnoise(t,'speckle');
```

$$I(1 + N)$$

여기서 I 는 영상 매트릭스이고, N 은 평균치가 0인 정규분포를 가진다. 선택 파라미터는 N 의 분산이고, 디폴트 값은 0.04이다.

8.3 깨소금잡음의 제거

8.3.1 저역통과 필터

깨소금잡음으로 오염된 화소들은 영상의 고주파성분이므로 저역통과 필터를 사용한다. 평균하는 필터를 아래와 같이 이용할 수 있다.

```
>> a3=fspecial('average'); 평균값 필터로  
>> t_sp_a3=filter2(a3,t_sp); 필터링하여 노이즈제거
```

이 결과를 그림 8.4(a)에 보였다. 그러나 이 잡음은 영상에 걸쳐 "smear"형태로 남아있어서 완전히 제거되지 않는다. 이 효과는 더욱 큰 범위의 평균필터를 아래와 같이 적용하는 편이 좋다. 이 결과를 그림 8.4(b)에 나타내었다.

```
>> a7=fspecial('average',[7,7]); 7x7로 필터링  
>> t_sp_a7=filter2(a7,t_sp);
```



(a)



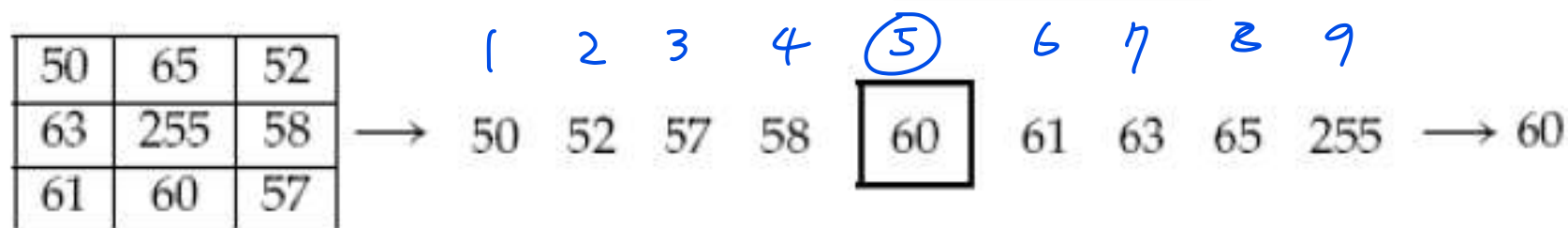
(b)

그림 8.4 평균필터에 의한 개소금잡음의 제거 (a) 3×3 필터 (b) 7×7 필터

노이즈↑ 선명↑ ~~~~↓ ~~~~↓

8.3.2 미디언필터링(median filtering)

미디언을 얻는 원리는, 잡음이 섞인 값이 매우 크거나 매우 작으므로 sorting된 리스트에서 처음이나 끝에 있다고 가정하여 일반적으로 중간 값을 취하여 출력하는 것이다.



MATLAB에서, 미디언필터링은 medfilt2 함수로 아래와 같이 구현한다.

```
>> t_sp_m3=medfilt2(t_sp);
```

! : ! 아님 선행 아님

그 결과는 그림 8.5와 같고, 이는 평균필터보다 훨씬 개선됨을 알 수 있다. 다른 함수들과 마찬가지로 medfilt2도 선택적 파라미터를 가지는데, 이 경우에 두 가지의 마스크 사이즈를 가지는 요소벡터가 있다.



그림 8.5 미디언필터에 의한 깨소금잡음의 제거



(a)



(b)

그림 8.6 심하게 오염된 영상의 미디언필터의 적용 (a) 20%의 개소금잡음
첨가 영상 (b) 미디언필터 적용 결과

제 8장 영상 복원

더욱 많은 화소들이 잡음에 오염된 경우, 그림 8.6과 같이 medfilt2는 현저히 좋은 결과를 얻을 수 있다. 잡음을 완전히 제거하기 위해 아래와 같이 3X3 미디언필터를 8.7(a)와 같이 2회 적용하거나 5X5 미디언필터를 그림 (b)와 같이 적용하는 것이 바람직하다.

```
>> t_sp2=imnoise(t,'salt & pepper',0.2);
```

```
>> t_sp2_m5=medfilt2(t_sp2,[5,5]); 5x5
```



(a)



(b)

그림 8.7 (a) medfilt2를 2회 적용한 결과 (b) 5X5 미디언필터의 적용 결과

Color image의 median filtering

- `tw=imread('twins.tif');`
- `twn=imnoise(tw,'salt & pepper',0.2);`
- `imshow(tw), figure, imshow(twn),`
- `r=twn(:,:,1); g= twn(:,:,2); b=twn(:,:,3);` 채널 분리
- `r_f=medfilt2(r,[5,5]);`
- `g_f=medfilt2(g,[5,5]);`
- `b_f=medfilt2(b,[5,5]);` 5×5
- `twn(:,:,1)=r_f; twn(:,:,2)=g_f; twn(:,:,3)=b_f;` 필터링
- `figure, imshow(twn);`



원본



노이즈첨가



미디언필터 후



R,G,B 모든channel을 1x 5 크기의 수평 median filter 적용
 적용 후 Yellow spike 가 다시 나타난다.
 원본영상데이터

Red	0	0	255	0	0	255	255	255
Green	255	255	255	255	255	0	0	0
Blue	0	0	0	0	0	0	0	0
Color			노이즈					

Median filter 적용 후 영상데이터

Red	0	0	0	0	255	255	255	255
Green	255	255	255	255	255	0	0	0
Blue	0	0	0	0	0	0	0	0
Color					노이즈			

위 문제를 개선한 방법

Median Pixel 구하기

가장 작은 값이 정답

$$\bullet \sum_{i=1}^N |x_{med} - x_i| \leq \sum_{i=1}^N |y - x_i|$$

\downarrow
 $\left| \begin{array}{l} med\ 값 - 데이터들 \\ \text{중 하나} \end{array} \right| \quad \left(\begin{array}{l} med\ 값 \\ \text{아닌} \\ \text{데이터들} - // \\ \text{중 하나} \end{array} \right)$

$$\bullet Distance_i =$$

$$\bullet \sum_{j=1}^N (|R_i - R_j| + |G_i - G_j| + |B_i - B_j|)$$

$\left(\begin{array}{l} med - med \\ \text{(가정)} \end{array} \right) \quad \left(\begin{array}{l} \text{아닌} \\ \text{데이터들} \\ \text{중 하나} \end{array} \right) \quad //$

- 첨자 i 는 median block 의 크기 , 예를 들어 3x3 median filter를 사용한다면 i의 값은 1 ~ 9 , 즉 $Distance_1 \sim Distance_9$ 까지 위의 공식을 이용하여 구해서 가장 작은 $Distance$ 를 갖는 pixel 의 위치가 median 이다.

8.4 가우시안잡음의 제거

8.4.1 영상의 평균

가우시안잡음에 오염된 단 하나의 영상이 아니고 다수의 사본을 가지는 경우가 있다. 예를 들면 하나의 위성이 통과하는 궤도에서 동일한 장소에서 여러번 촬영한 위성 영상이라든가 하나의 물체에 대해 여러번 찍은 현미경사진 등이 이에 속한다. 이러한 경우에 가우시안잡음을 제거하는 방법은 모든 영상들을 평균하는 것이다.

이를 설명하기 위해, 각 영상에 잡음이 첨가된 영상이 100개의 사본이 있다고 생각하고 I 번째 영상은 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} M' &= \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} (M + N_i) \\ &= \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} M + \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} N_i \\ &= M + \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} N_i. \end{aligned}$$

제 8장 영상 복원

N_i 는 평균이 0인 정규분포를 가지면, 모든 N_i '들의 평균은 0에 근접하고 N_i '의 수가 많을수록 더욱 0에 가깝다. 따라서 위 식에서 $M' \approx M$ 이 된다.

twins 영상으로 이를 시험하기로 한다. 우선 가우시안잡음을 첨가한 여러 개의 사본을 만들고 이들을 평균한다. 10개의 사본을 만들고, 이를 3차원 배열로 정리한 후에 잡음이 섞인 영상으로 각 레벨을 아래와 같이 채운다. imnoise의 gaussian option으로 random number발생기인 randn을 call하는데, 이는 정규분포를 가지는 불규칙한 수치를 만든다. randn을 call할 때마다 다른 수열의 수를 생성한다. 따라서 3차원 배열에서의

```
>> s=size(t);  
>> t_ga10=zeros(s(1),s(2),10);  
>> for i=1:10 t_ga10(:,:,i)=imnoise(t,'gaussian'); end
```

w h 10장 생성

+ 노이즈

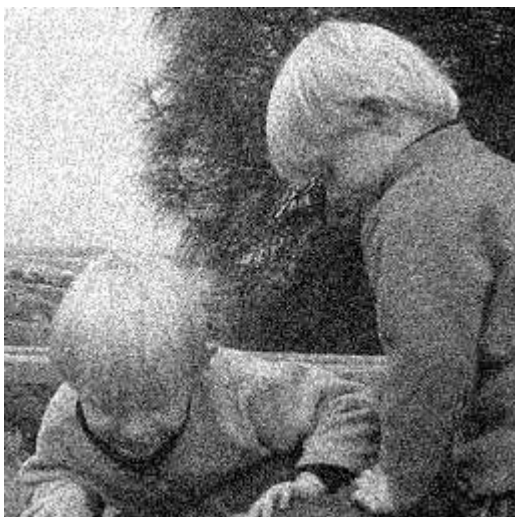
이를 아래와 같이 평균을 취할 수 있다.

```
>> t_ga10_av=mean(t_ga10,3);
```

평균



10 번째 노이즈 첨가된 영상



10장의 영상 평균



50 번째 노이즈 첨가된 영상



100장의 영상 평균



8.4.2 평균필터링(average filtering)

가우시안잡음이 평균치 0가 되면 평균필터는 잡음을 없앨 수 있다. 필터 마스크의 크기가 클수록 잡음은 더욱 0에 접근한다. 불행하게도 4장에서 다룬 바와 같이 평균은 영상을 흐리게(블러링) 한다. 그러나 잡음 감소에 대해 블러링을 감수한다면 이 방법으로 잡음을 현저히 줄일 수 있다.

3X3과 5X5 평균필터를 생각하면 잡음이 섞인 영상에 t_ga를 아래와 같이 적용한다.

```
>> a3=fspecial('average');  
>> a5=fspecial('average',[5,5]);  
>> tg3=filter2(a3,t_ga);  
>> tg5=filter2(a5,t_ga);
```

이 결과를 그림 8.8에 보였고, 이는 실제로 만족스럽지 못하다. 잡음은 줄인다 하더라도 결과 영상에 "smear"현상이 나타난다.



(a)



(b)

그림 8.8 평균필터링에 의한 가우시안잡음 제거 (a) 3×3 필터 (b) 5×5 필터