

W10 영상 필터링

개요

- 1 특정 패턴을 갖는 영상에 대해 푸리에 변환 수행 후 얻어진 패턴에 대해 분석
화장실 바닥의 타일(격자), 수건(물결), 화장품(원)

1-2 .패턴이 어떤 원리로 나오는지 분석

1. 단순한 원이 그려진 패턴
2. 불규칙한 원과 타원이 분포한 패턴
3. X모양의 직선 패턴
- 4 불규칙한 직선과 직선으로 이루어진 도형 패턴
5. 곡선으로 이루어진 패턴

곡선에서 직선으로 보이는 성분을 통해 수직하는 성분을 만들어 냄을 표기

결론 : 이미지의 경계 부분에 수직하는 성분을 생성한다.

2. 최소 3개 영상에 대해 LPF를 수행하고 육안적으로 차이가 느껴지지 않는 통과 반경을 구해볼 것

사용될 영상 설명 및 예상

Loopback code를 통해 이미지 복원 확인

LPF적용

결과 예상

1. 첫 번째 영상에 대한 실험
2. 두 번째 영상에 대한 실험
3. 세 번째 영상에 대한 실험

결론 : 패턴의 복잡함이 고주파 성분에 비례하는 관계다.

3. 2번째 과제를 HPF를 통해 교차검증

1. 1번영상에 대해 실험2에서 구한 통과 반경을 차단반경으로 적용하여 실험
2. 2번영상에 대해 실험2에서 구한 통과 반경을 차단반경으로 적용하여 실험
3. 3번영상에 대해 실험2에서 구한 통과 반경을 차단반경으로 적용하여 실험

왜 3번 영상이 2번영상보다 고주파 성분이 많았는가에 대한 설명

결론 : 실험 2에서 구한 반경이 올바르게 구한 결과임을 추가적으로 증명.

과제

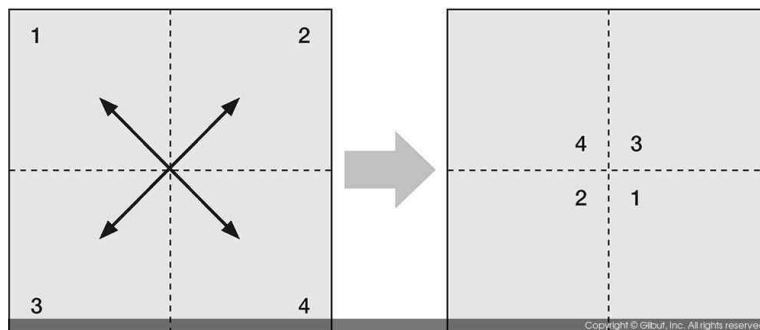
1. 특정 패턴을 갖는 영상에 대해 푸리에 변환 수행 후 얻어진 패턴에 대해 분석

모든 결과는

```
F = np.fft.fft2(gray)
Fshift = np.fft.fftshift(F)
```

해당 함수에 의해 저주파 영역이 중심에 모이는 것을(Centering) 기억하자.

기존의 DC성분(저주파성분)은 가장자리에 모여있으며 이를 중심으로 모아준 것이다.



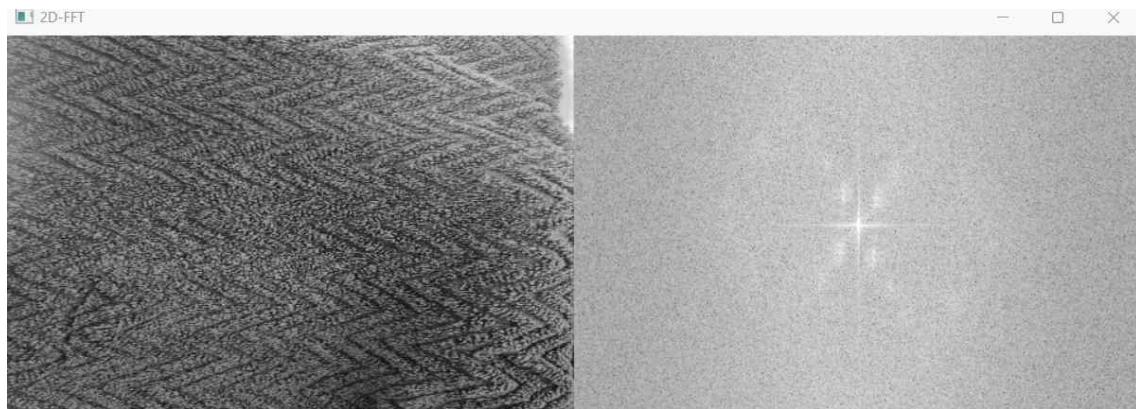
실제 주변의 패턴을 인식

1. 화장실 바닥의 타일(사각형 격자 패턴)



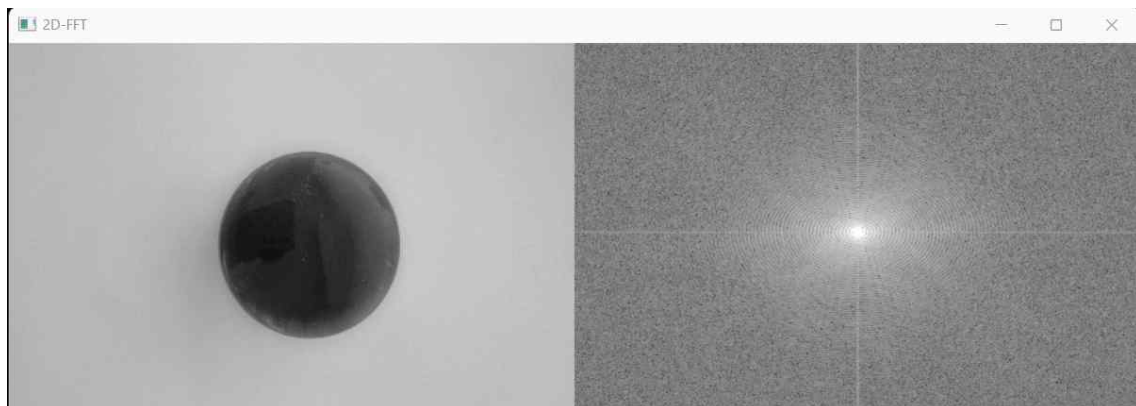
4개의 타일로 인해 x,y축 방향의 십자가 모양을 비롯해 작은 네모타일 등이 있을 것을 예상 하였으나 중심에서 8방향으로 직선이 그려진 형태의 패턴을 얻었다.

2. 수건의 물결 패턴



수건의 물결모양 으로 인해 물결 비슷한 곡선형태의 패턴을 기대하였으나 패턴을 알아볼 수 없는 결과를 얻었다. 수건에 그려진 패턴뿐만아니라 수건의 복잡한 질감으로 인해 불규칙한 결과를 얻었다고 생각된다.

3. 흰 노트북위의 화장품(원) 패턴



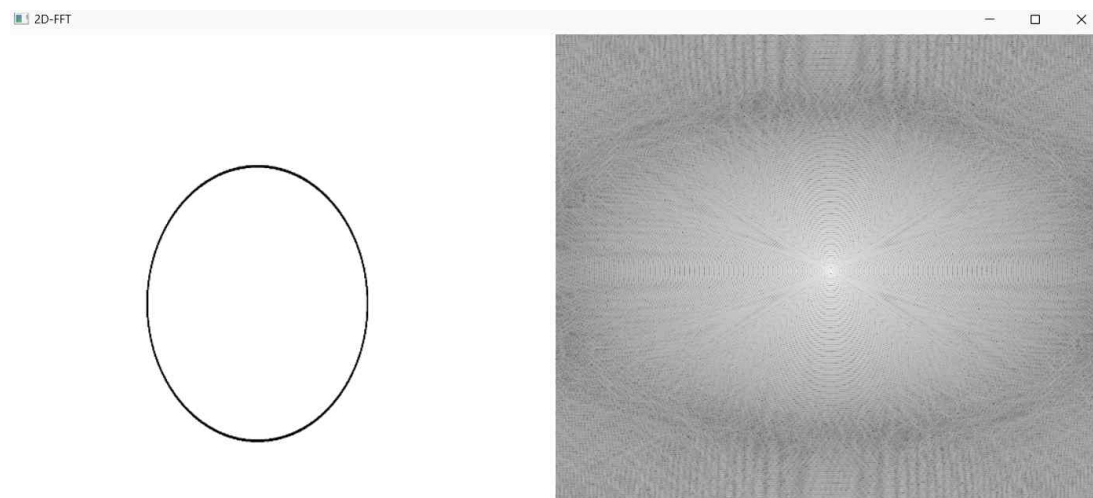
원과 관련된 패턴을 추측했고 푸리에 변환을 통해 얻은 결과역시 원같은 패턴이 물결처럼 퍼져나가는 모습이다. 하지만 처음 설명한 듯 fshift함수를 통해 보기 편하게 변경한 결과가 해당 모습이며 실제로 푸리에변환만을 진행한 패턴이 아니다.

앞서 실험을 진행 한 패턴을 가진 영상들과 해당 영상을 푸리에 변환을 통해 나오는 영상은 예상한 결과와 차이가 있었다. 강의에서 본 것과 유사하게 화장실 바닥의 타일은 4개의 타일이 구분되는 경계면이 검출되었다. 하지만 추가적인 패턴이 있었다. 또한 2번째 영상은 예상과 많이 달랐으며 마지막 역시 fshift를 통해 변형된 결과다.

그렇다면 푸리에 변환을 통해 얻어지는 패턴은 어떠한 원리로 인해 생성되는지 알아보기 위해 질감과 조명에 영향을 받지 않도록 그림을 그려 추가적인 실험을 진행하였다.

푸리에변환이 왜 저러한 결과를 얻었는지 알아보는 추가실험

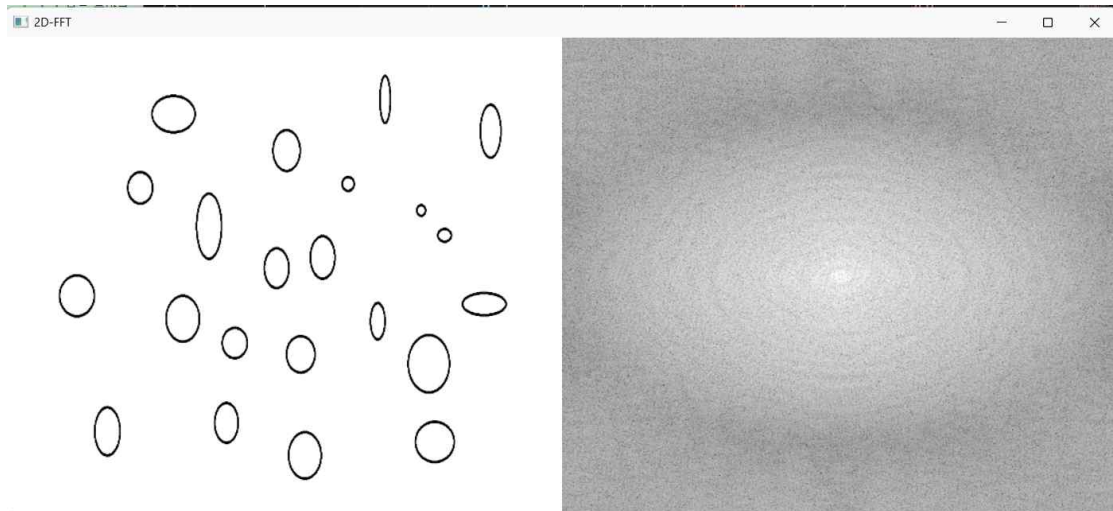
1. 단순한 원 이미지



<단순한 원이 그려진 패턴>

단순한 검은 원의 패턴을 가진 이미지는 푸리에 변환 결과 역시 어느정도 원의 형태를 가지고 있는 모습을 보였다. 해당 이미지에서 원의 경계가 급격한 밝기 변화로 인해 고주파 성분을 갖는다.

2 불규칙하게 분포된 원과 타원의 패턴

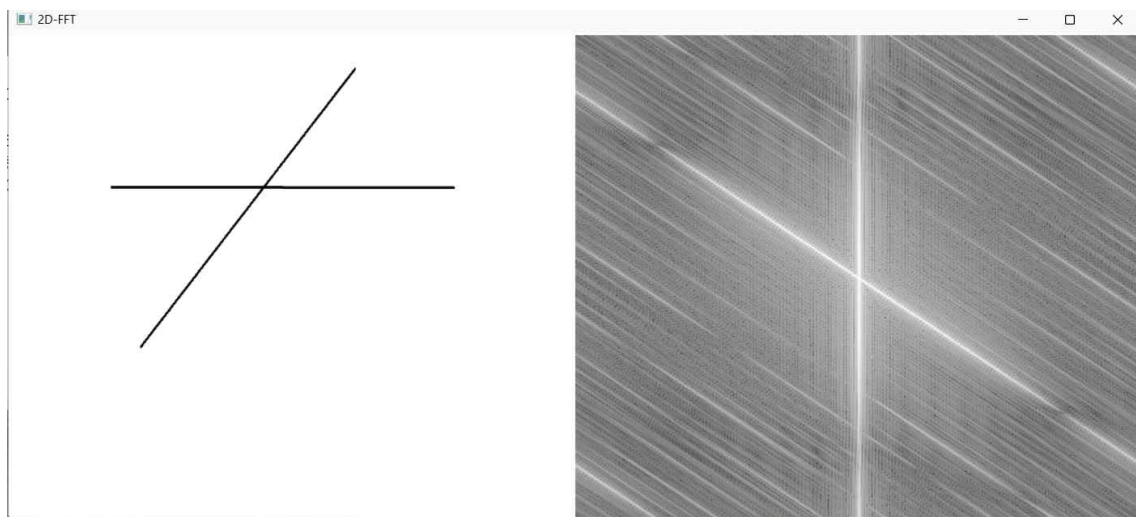


<원과 타원입 불규칙하게 분포한 패턴>

하나의 원이 아닌 타원을 포함한 여러개의 원들이 다양하게 분포된 이미지에서도 푸리에 변환한 결과는 원의 형태를 보여주었다.

해당 이미지 역시 원의 경계가 밝기가 급격히 변하는 지역으로, 이 변화가 고주파 성분을 생성한다. 이때 둥근 이미지들이 생성하는 주파수 성분은 실제로는 중심에서 퍼져나가는 방사형 패턴으로 나와 shift를 거친 이미지가 원에 가까운 것이라고 추측 할 수 있다. 이를 검증하기 위해 직선과 곡선 성분의 추가적인 실험이 필요하다.

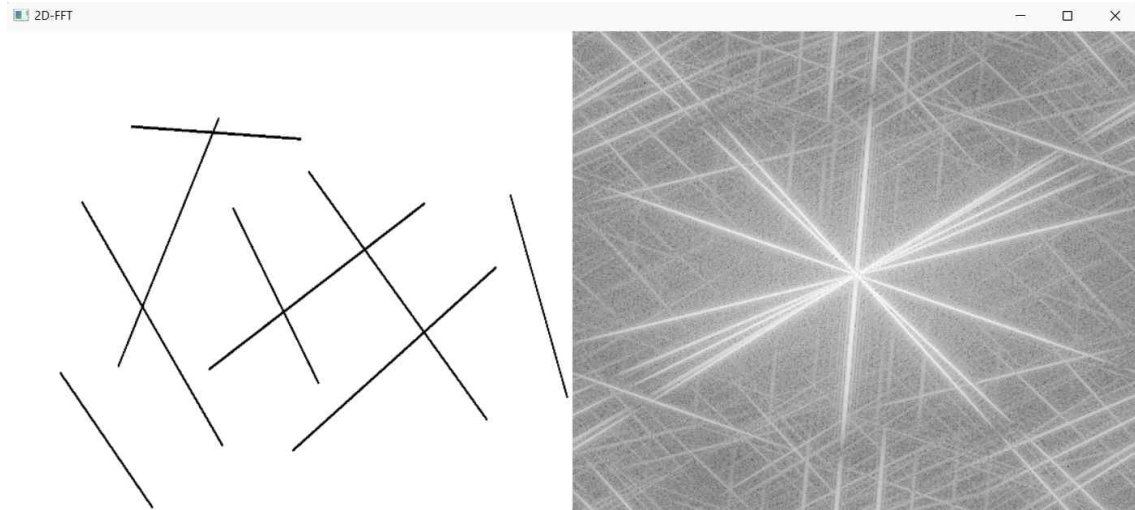
3. x모양의 직선패턴



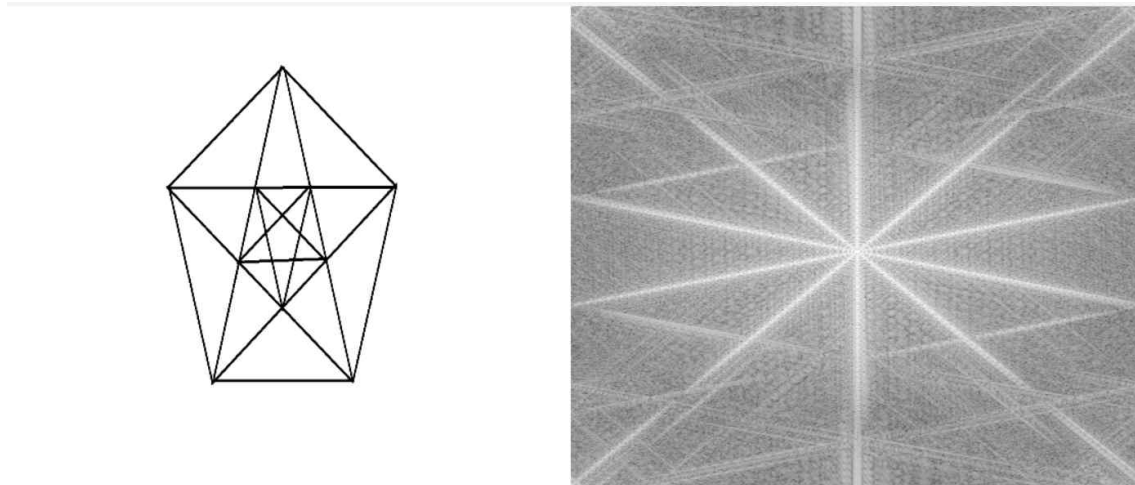
<x 모양 직선 패턴>

단순하게 x모양의 패턴을 입력하였을 때 밝은선은 해당 패턴에 직각에 해당하는 방향으로 생성된 것을 알 수 있다. 이는 직선과 평행한 방향으로의 밝기 변화는 없지만 직선에 수직하는 방향으로 밝기의 변화가 발생하기 때문이라고 생각된다.

4. 불규칙한 직선, 직선으로 이루어진 도형 패턴



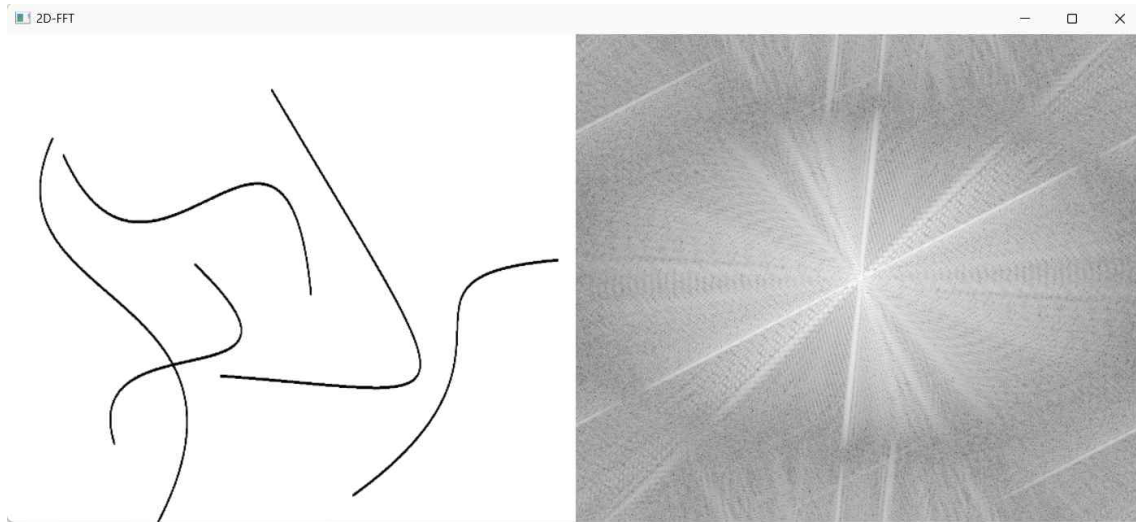
<불규칙한 직선 패턴>



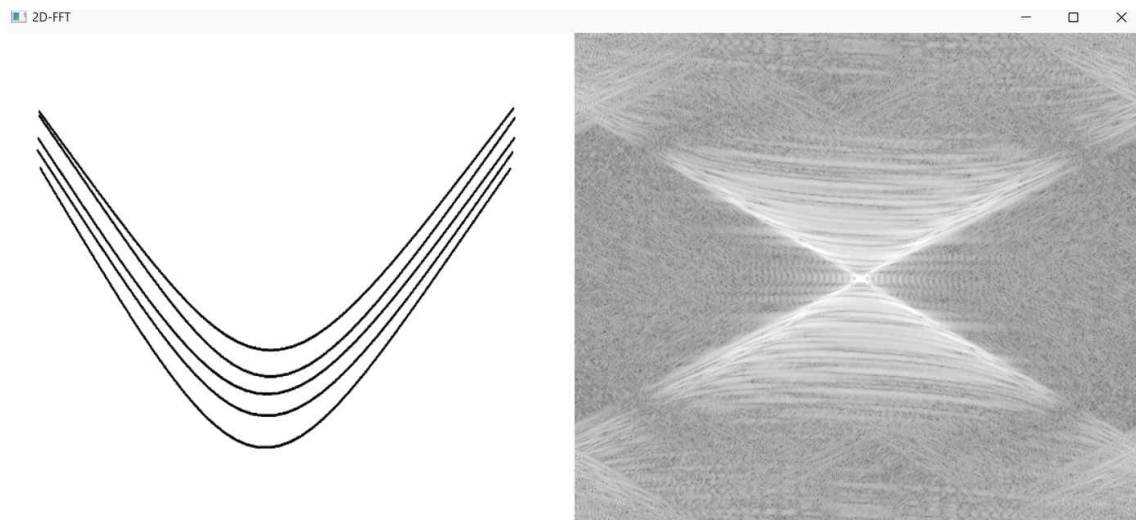
<직선으로 이루어진 도형 패턴>

직선 성분이 없는 원으로 이루어진 패턴과 달리 직선으로만 이루어진 패턴들은 직선의 패턴을 주파수 크기 스펙트럼에서 보여주는 결과를 얻을 수 있었다. 특히 두 번째 사진인 오각형과 별의 패턴에서는 세로(90도) 방향의 선은 존재하지 않는데 변화된 사진에는 직각에 해당하는 가로(0도) 방향의 성분이 발견되지 않았다.

5. 곡선으로 이루어진 패턴

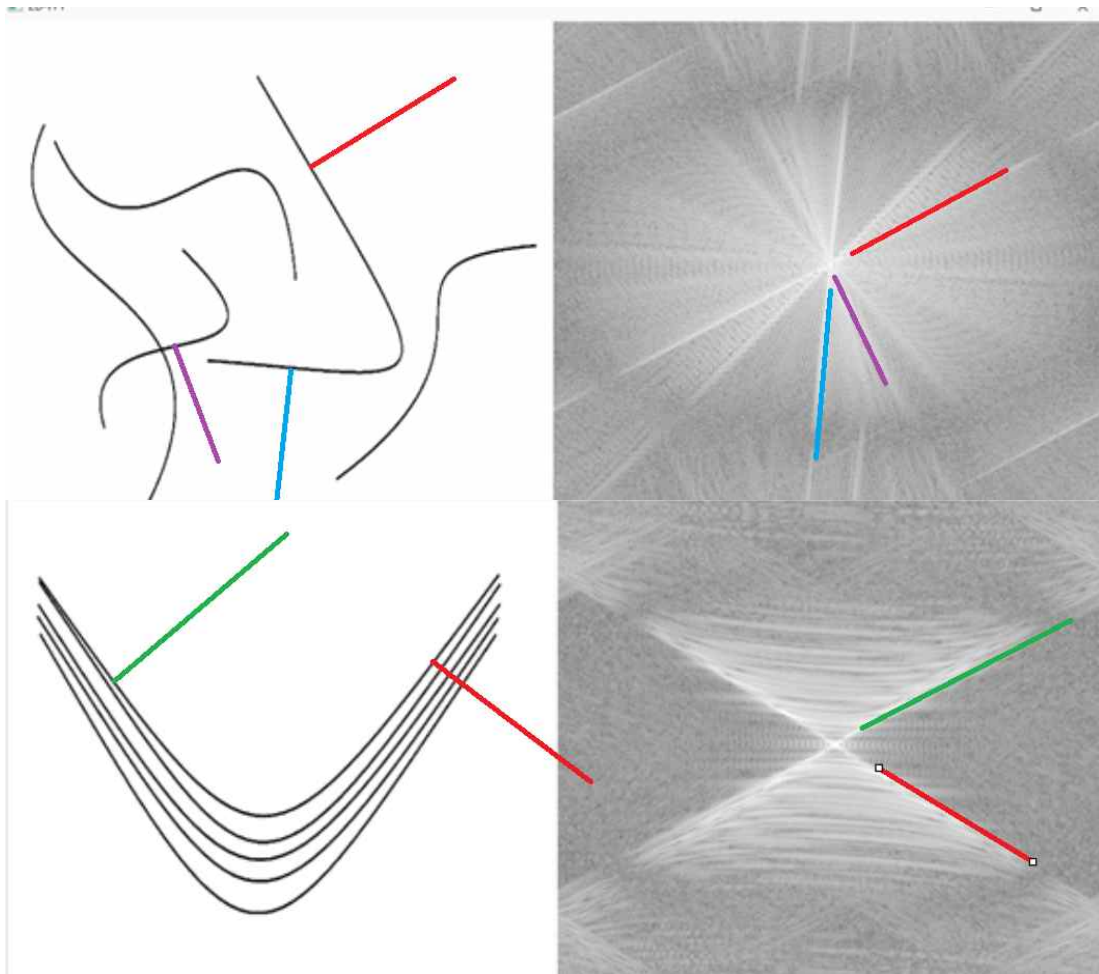


<불규칙한 곡선 패턴>



<규칙적인 곡선 패턴>

두 결과 모두 곡선의 형태와 직선의 형태를 모두 확인 할 수 있었다.
우선적으로 두 결과 모두 타원형태의 패턴을 확인 할 수 있으며 직선형태의 성분을
분성하면 해당 곡선에서 직선에 가까운 영역들의 직각하는 위치에 해당하는 것을
알 수 있다.



<직전 결과에 직각 성분임을 표시한 사진>

각각의 성분들에 대해 직각에 해당하는 성분으로 나타나는 것이라는 추측이 어느정도 맞다고 여길 수 있는 부분이다.

특히 두 번째 사진의 경우 곡선에서 직선에 가까운 형태를 가지고 있는 부분에 한정 할 경우 기울기의 변화가 적고 변환된 이미지에서도 그어진 직선과 비슷한 각도의 직선 성분만이 존재한다.

결론 <이미지의 경계부분에 수직하는 성분을 생성한다>

변환된 사진은 푸리에 변환 결과로 얻어진 이미지 원본 이미지의 "주파수 크기 스펙트럼"이다. 이 스펙트럼은 원본 이미지의 각 지점에서의 밝기 변화를 주파수로 나타낸 것으로, 각 주파수 성분의 크기를 시각화한 것이다.

각 경계에 나란한 부분은 밝기의 변화가 없기 때문에 해당 방향과 동일한 성분은 주파수 크기 스펙트럼에서 확인 할 수 없다. 반대로 경계 부분에서 변화가 일어나기 때문에 수직방향 성분들이 확인된다고 볼 수 있다.

직선 그리고 직선으로 보이는 부분들은 수직하는 직선 성분을 만들어 냈다.

즉 직선 성분의 경우 각도가 다양할수록 더 다양한 패턴이 주파수 영역에서 표현될 것이다.

곡선 성분 특히 원의 경우 직선과 다르게 한 방향으로 집중된 선이 아니며 곡률등 고려되는 조건이 많게 존재한다. 이로 인하여 여러 방향으로 퍼져 나가는 복잡한 패턴을 갖는다고 볼 수 있다.

2. 최소 3개 영상에 대해 LPF를 수행 하고 육안적으로 차이가 느껴지지 않는 통과 반경을 구해볼 것



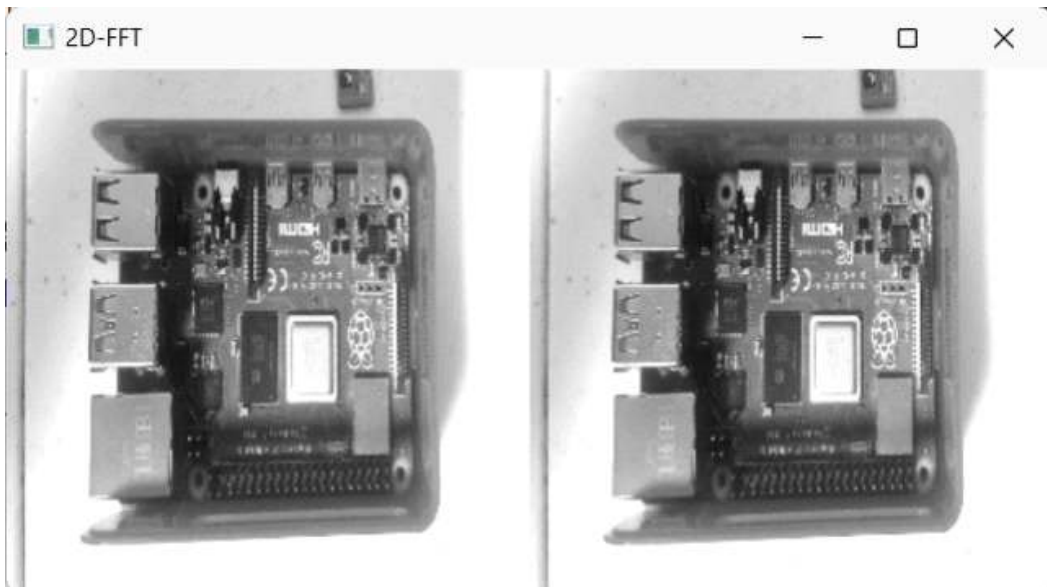
사용될 영상 설명

1. 흰색 노트북위에 로션
2. 건국대 공학관 B동의 벽
3. 라즈베리 파이의 기판

1번 의 경우 가장 단순한 패턴에 경계가 적어 고주파 성분이 적을 것이라 판단된다.
2번과 3번의 두 영상 모두 패턴이 복잡하지만 벽의 경우 색상이 어느정도 유사한 반면
3번의 라즈베리 파이 기판은 색의 변화가 비교적 뚜렷하기 때문에 가장 고주파 성분이 많은 영상이 될 것이라 판단된다.

Loopback code를 통해 이미지 복원 확인





3개의 이미지 모두 loopback코드를 통해 rfft와 irfft를 적용했을 때 원본의 이미지가 그대로 복원 되는 것을 확인 할 수 있다.

LPF적용

```
# 이미지 파일 경로 설정
print("Select an image to process:")
print("1: Low Frequency Image")
print("2: Mid Frequency Image")
print("3: High Frequency Image")
choice = input("Enter your choice (1, 2, or 3): ")

if choice == '1':
    image_path = 'D:/code/mmp/w10/w10_img/low.jpg'
elif choice == '2':
    image_path = 'D:/code/mmp/w10/w10_img/mid.jpg'
elif choice == '3':
    image_path = 'D:/code/mmp/w10/w10_img/high.jpg'
else:
    print("Invalid choice. Exiting...")
    exit()
```

lowpass filtering을 적용할 이미지를 선택할 수 있도록 코드를 일부 수정하였다.

결과 예상

가장 경계가 적은 1번의 사진이 저주파 성분이 많고
나머지 두 영상에서 라즈베리 기관의 색상 변화가 뚜렷하여 고주파 성분이 많을 것
이라 예상 하였다.

즉 1번 2번 3번의 이미지 순으로 변화가 많게 감지되어 육안으로 차이가 느껴지지
않는 통과반경의 크기가 점점 작아질 것이라고 생각된다.

1. 첫 번째 영상에 대한 실험

0.1의 반경을 우선적으로 시도하고 점차 반경을 늘려가며 이미지를 확인하려 한다.



<0.1의 반경을 적용한 결과>

0.1의 반경을 적용하였을 때 필터링 된 이미지는 ringing을 관찰 할 수 있다.
해당 필터가 주파수 도메인에서 칼같이 반경을 기준으로 컷하므로 공간 도메인에서
는 sinc함수와 같은 응답을 생성하며 side lobe에 의한 현상이다.
이 ringing 현상은 이미지의 경계나 뚜렷한 변화가 있는 지점에서 모양을 따라 물
결치는 현상을 의미한다.

0.1의 반경에서는 아주 작은 주파수만을 허용하여 blur처리된 느낌의 흐린 이미지
가 생성되었으므로 반경을 넓혀 실험을 진행하도록 한다.



<0.2의 반경을 적용한 결과>



<0.3의 반경을 적용한 결과>

0.2의 반경에서는 이미지가 좀더 선명해지고 ringing이 줄었으나 아직 원본과의 차이가 명확하게 느껴지는 영상이다.

0.3의 반경으로 늘려주었을 때도 이미지는 선명해졌으나 ringing 현상이 여전히 관찰된다.



<0.4의 반경을 적용한 결과>

0.4의 반경을 적용한 경우 LPF를 수행한 이미지는 확대하지 않는다면 ringing 현상을 확인 할 수 없으며 이미지 역시 선명하다.

0.4의 반경부터 LPF를 수행하더라도 육안적으로 차이가 느껴지지 않는 통과 반경이라고 할 수 있다.



<0.5의 반경을 적용한 결과>

0.5의 반경은 0.4의 반경이 이미 육안적으로 차이가 느껴지지 않는 반경이지만 확대하였을 때 ringing 현상이 감소하는지 확인하기 위해 실험을 수행하였다. 실제로 0.5부터는 LPF를 수행한 결과를 확대하여도 ringing 현상이 적은 것을 확인할 수 있었다.

즉1번 영상은 0.4의 반경에서 LPF를 수행하더라도 육안적으로 차이를 느끼지 못하는 저주파 성분이 많은 영상임을 알 수 있다.

2. 두 번째 영상에 대한 실험

마찬가지로 0.1의 반경에서부터 반경을 늘려가며 실험을 수행한다.

첫 번째 영상보다 고주파의 성분이 많을 것으로 예상되어 LPF를 적용한 후 육안적으로 차이가 느껴지지 않는 반경은 0.4보다 클 것으로 추정된다.



<0.1의 반경을 적용한 결과>

첫 번째 영상보다 고주파 성분이 많을 것으로 추정되는 영상이므로 0.1에서는 당연히 하게도 흐릿한 이미지를 확인 할 수 있다.

따라서 첫 번째 영상에서 육안적으로 차이를 느끼지 못했던 0.4의 반경에 대하여 LPF를 적용해 보았다.



<0.4의 반경을 적용한 결과>

첫 번째 영상보다 고주파 성분이 많음을 확인 할 수 있었다.

0.4의 반경에서도 여전히 이미지가 원본보다 흐리다는 것을 확인 할 수 있었다.



<0.5의 반경을 적용한 결과>

첫 번째 영상보다 큰 반경인 0.5에서도 원본이미지에 비하여 벽돌의 연결부분들이 흐릿한 것을 확인 할 수 있다. 확대를 하지 않고 자세히 보았을 때지만 LPF를 수행한 이미지가 더 흐릿하다는 사실을 알 수 있었다.



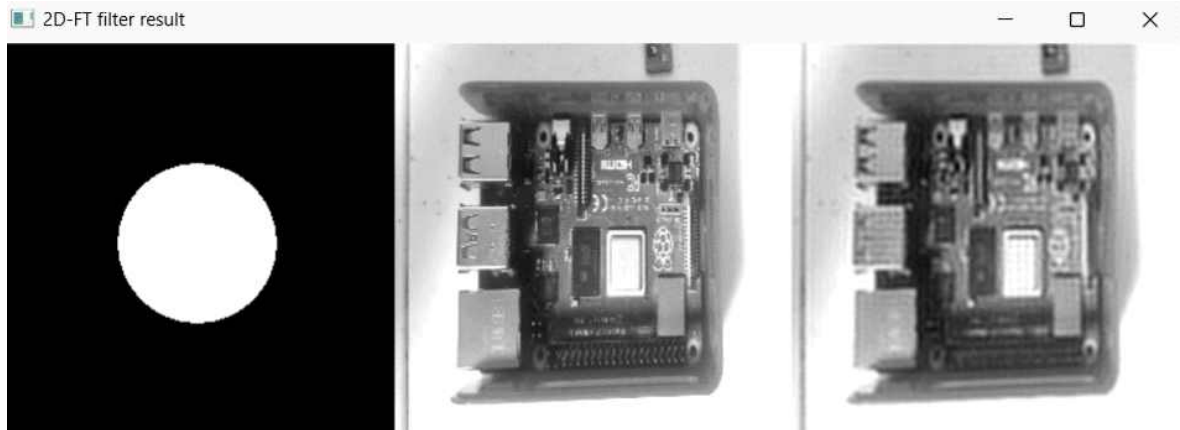
<0.6의 반경을 적용한 결과>

벽돌의 이음새에 해당하는 시멘트 부분도 선명하게 보이며 육안적으로 원본과 차이를 느끼지 못하였다. 즉 두 번째 영상은 0.6의 반경에서 LPF를 수행하여도 차이를 느끼지 못하였다.

첫 번째 영상보다 벽돌이 있는 두 번째 영상이 고주파 성분이 더 많이 포함되어 있음을 알 수 있었다.

3. 세 번째 영상에 대한 실험

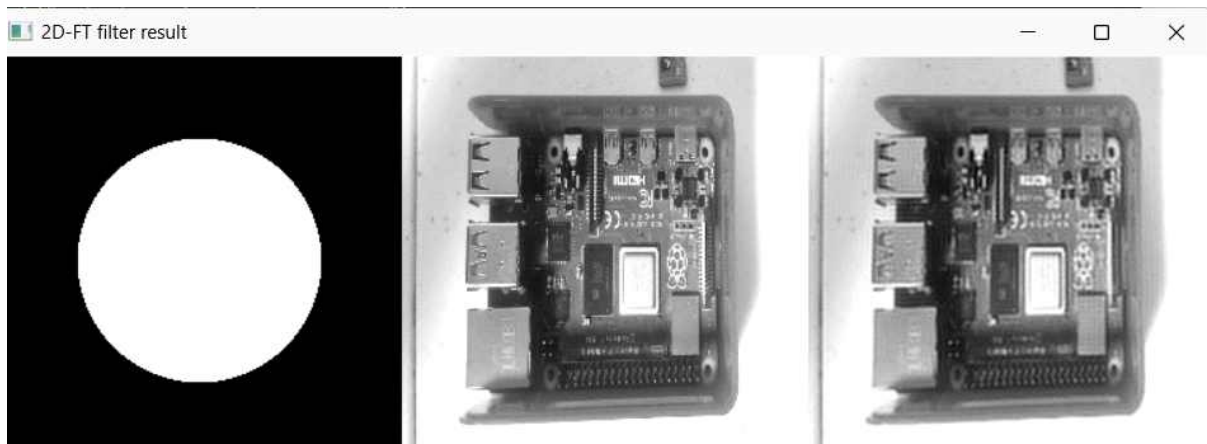
우선적으로 앞선 두가지 영상과 비교하기 위해 가장 저주파 성분이 많았던 첫 번째 영상의 통과 반경 0.4를 적용해 보았다.



<0.4의 반경을 적용한 결과>

LPF를 수행한 이미지가 확실하게 원본보다 흐릿한 것을 통해 세 번째 영상 역시 첫 번째 영상보다 고주파 성분이 많이 포함되어 있음을 알 수 있다.

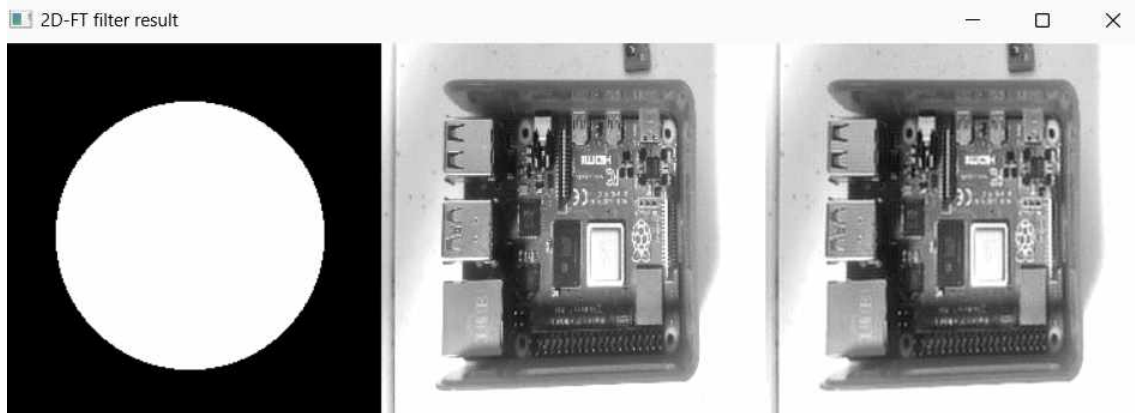
각각의 사각형 회로들 주변으로 ringing현상도 확인할 수 있다.



<0.6의 반경을 적용한 결과>

두 번째 이미지에서 나온 결과인 0.6의 반경을 적용하였을 때 세 번째 영상은 LPF를 수행한 이미지가 여전히 조금 흐린 결과를 보여주었다.

이를 통해 세 번째 영상이 가장 많은 고주파 성분을 포함하고 있음을 확인 할 수 있다.



<0.7의 반경을 적용한 결과>

0.7의 반경을 적용하였을 때 보드의 라즈베리파이 그림까지 모든 부분에서 LPF를 적용한 결과와 원본의 영상에서 육안으로 차이를 구분하기 어려웠다.

즉 세 번째 영상이 0.7의 반경에서 차이를 느끼지 못하므로 가장 고주파 성분이 많이 포함된 영상이라고 볼 수 있다.

결론<패턴이 복잡할수록 고주파성분이 많다.>

해당 실험을 통해 단순한 이미지 일수록 저주파 성분이 많고, 반대로 복잡한 패턴을 보일수록 고주파 성분이 많다는 것을 확인 할 수 있었다.

두 번째 영상과 세 번째 영상 모두 복잡한 패턴을 가졌지만 세 번째 영상이 고주파 성분이 더 많았다.

세 번째 영상이 고주파 성분이 더 많았던 이유는 두 번째 영상이 비교적 넓은 영역에 걸쳐 일정한 패턴을 반복하고 있는 반면, 세 번째 영상은 좁은 영역에 작은 요소들이 많아 공간적으로 변화가 빠르게 발생한다. 이로 인하여 세 번째 영상이 고주파 성분이 가장 많았던 것으로 판단된다.

3가지 영상을 HPF를 수행하여 엣지 검출이 얼마나 되는지 확인하고 해당 결론에 대해 교차 검증을 수행하고자 한다.

3. 추가 실험 HPF를 통해 과제 2번을 교차 검증해볼 것.

```
def Build_H(N, f_radius):
    HN = N / 2
    H = np.ones((N, N), dtype=np.float32) # 기본적으로 모든 값을 1로 설정
    for y in range(N):
        for x in range(N):
            fy = (y - HN) / HN
            fx = (x - HN) / HN
            radius = np.sqrt(fy**2 + fx**2)
            if radius <= f_radius:
                H[y][x] = 0 # 주어진 반경 내부는 0으로 설정
    return H

def Filter2D_FT(Fin, H):
    mag = np.abs(Fin)
    phs = np.angle(Fin)
    fmag = H * mag
    return fmag * np.exp(1j * phs)
```

기존의 np.zeros를 np.ones로 수정하고 반경 내부를 0으로 설정해주어 high pass filtering이 가능하도록 코드를 수정하였다.

1번영상



<0.4의 반경을 차단한 결과>

LPF를 수행하였을 때 육안적으로 차이 가 없던 0.4의 반경을 차단해주었다. 이때 매우 희미하게 로션의 경계부분의 엣지가 검출 되어 희미한 원이 보이는 것을 확대를 통해 알 수 있다.

2번영상



<0.6의 반경을 차단한 결과>

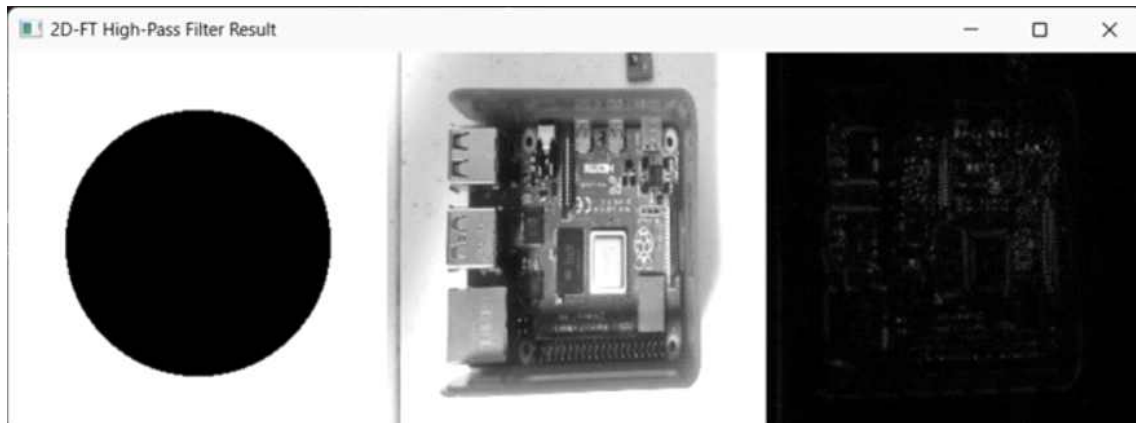


<0.7의 반경을 차단한 결과>

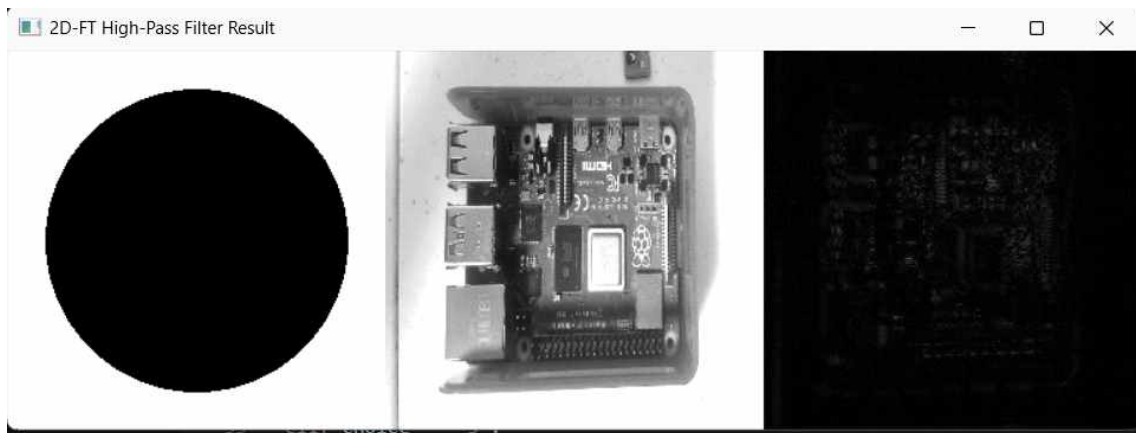
마찬가지로 LPF를 수행하였을 때 육안적 차이가 느껴지지 않았던 반경인 0.6의 반경의 저주파를 차단해 HPF를 수행하였을 때 희미하게 벽돌의 이음새 부분에서 엣지 검출이 되었다. 모든 벽돌의 엣지가 선명하게 검출되지 않았고 확대를 하지 않으면 거의 보이 지않고 어두운 결과를 보이므로 LPF수행시 0.6의 반경에서 육안적으로 차이가 없다는 것을 교차 검증을 통해 확인 할 수 있었다.

3번영상과 비교를 위해 0.7의 반경을 차단한 결과를 볼 때 엣지 검출은 확대를 하지 않고는 확인 하기 어려웠다.

3번영상



<0.7의 반경을 차단한 결과>



<0.8의 반경을 차단한 결과>

세 번째 영상의 경우 LPF를 수행하였을 때 육안적인 차이가 느껴지지 않았던 반경은 0.7이었다. 물론 확대를 할 경우 0.7의 반경에서도 흐릿한 부분이 보였다.

0.7반경의 저주파를 차단하고 고주파 성분만을 남겼을 때 검출된 엣지가 어느정도 있었으며 0.8 반경으로 늘렸을 때 거의 보이지 않았다.

하지만 LPF에서 0.7의 반경이 차이가 없다고 느꼈던 것은 엣지가 검출된 부분들이 회로에서 아주 작은 소자들에 해당되었고 이미지를 확대하지 않은 경우 이를 육안으로 구분하기 어려웠기 때문에 0.7의 반경에서도 LPF수행시 차이가 없다고 느꼈다고 볼 수 있다.

또한 두 번째 영상은 0.7의 차단 반경에서 엣지 검출이 거의 이루어지지 않은 반면 세 번째 영상은 엣지 검출이 육안으로 확인되므로 고주파성분이 더 많다고 볼 수 있다.

결론<각 영상의 차이가 느껴지지 않는 반경은 LPF에서 구한 반경과 동일하다>

LPF를 수행하여 육안으로 구분되지 않는 반경을 구한 것이 HPF를 통해 교차 검증하였을 때 신뢰 할 수준의 결과임을 알 수 있었다.

또한 LPF수행시 두 번째 영상과 세 번째 영상모두 첫 번째 영상보다 고주파 성분이 많았지만 동일한 차단 반경을 적용하여 HPF를 수행하였을 때 세 번째 영상의 엣지 검출이 더 많은 것으로 확인되어 세 번째 영상이 고주파 성분이 가장 많은 것을 확인 할 수 있었다.

Reference

<https://thebook.io/006796/0358/>