

Captura y Procesamiento Digital de Señales e Imágenes

Guía de Trabajos Prácticos 5

Procesamiento y filtrado en el dominio frecuencial

1. Objetivos

- Fijar los conceptos teóricos básicos de la Transformada de Fourier bidimensional mediante la visualización de la magnitud como imagen.
- Comprender el proceso de filtrado en el dominio de la frecuencia.
- Aplicar filtros de acentuado en frecuencia para el mejoramiento de una imagen, combinándolos con otras técnicas de realce.
- Verificar la ventaja computacional de la rutina de FFT.

2. Conceptos

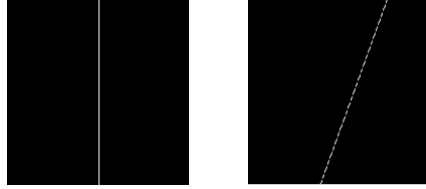
- La secuencia de operaciones para filtrado en el dominio de la frecuencia es: a) creación del filtro H , b) cálculo de TDF(f), c) producto elemento a elemento TDF(f).* H , d) cálculo de la TDF inversa, e) obtención de la parte real.
- La secuencia de operaciones para el filtrado homomórfico es: $f(x, y) \rightarrow \ln \rightarrow \mathfrak{F} \rightarrow H(u, v) \rightarrow \mathfrak{F}^{-1} \rightarrow \exp \rightarrow g(x, y)$

3. Trabajos Prácticos

Ejercicio 1: Conceptos básicos de la TDF 2D

1. Construya imágenes binarias de: una línea horizontal, una línea vertical, un cuadrado centrado, un rectángulo centrado, un círculo.
2. A partir de las imágenes anteriores, calcule y visualice la TDF, haciendo hipótesis sobre la imagen a obtener antes de la visualización. En todos los casos varíe las dimensiones y localización de los objetos, y repita el análisis.

3. Cree una imagen de 512x512 conteniendo una línea vertical blanca centrada de un pixel de ancho sobre un fondo negro. Rote la imagen 20 grados y extraiga una sección de 256x256 de la imagen original y de la imagen rotada, de manera que las líneas tengan sus extremos en los bordes superior e inferior, sin márgenes. La siguiente figura muestra las dos imágenes:



Visualice la TDF (log-magnitud) de ambas imágenes. Explique, utilizando argumentos intuitivos, por qué las magnitudes de Fourier aparecen como lo hacen en las imágenes, y a qué se deben las diferencias.

4. Cargue diferentes imágenes y visualice la magnitud de la TDF. Infiera, a grandes rasgos, la correspondencia entre componentes frecuenciales y detalles de las imágenes.

Ejercicio 2: Importancia de la fase

1. A partir de la TDF de una imagen, obtenga la imagen de sólo magnitud considerando fase cero. Repita para la imagen de sólo fase considerando magnitud unitaria. En ambos casos visualice la imagen original y la procesada, y saque conclusiones sobre el aporte de ambas componentes a la reconstrucción de la imagen.
2. Cargue dos imágenes y asegúrese de que tengan el mismo tamaño. Construya dos imágenes nuevas a partir de la combinación de la magnitud de una con la fase de otra. Verifique la importancia de la fase en la reconstrucción de imágenes.

Ejercicio 3: Filtros pasa-bajos

En estos ejercicios trabaje sobre la imagen ‘huang2.jpg’, y cree los filtros solicitados del mismo tamaño de la imagen (256x256).

1. Defina los coeficientes de una matriz de respuesta al impulso pasa-bajos de orden 21, con la banda pasante siendo un cuadrado de lado 5 situado en el centro de la matriz. Obtenga la versión frecuencial del filtro de tamaños 100x100 y 200x200, y visualícelos. ¿Cómo espera que se comporte la forma del filtro al variar el tamaño? Visualice los resultados y saque conclusiones.
2. Construya un filtro pasa-bajos ideal mediante la especificación de un círculo de altura 1 sobre una matriz de ceros. Cargue la imagen y fíltrela en el dominio de la frecuencia, obteniendo mediante la TDF inversa una versión suavizada de la imagen. Muestre en un mismo gráfico la imagen original con la filtrada y compare. Repita el ejercicio para diversas frecuencias de corte. Compruebe la aparición del fenómeno de Gibbs.

3. Construya un filtro pasa-bajos tipo Butterworth utilizando la definición en frecuencia. Filtre la imagen, modificando la frecuencia de corte y comprobando el efecto sobre la imagen filtrada. Verifique el efecto del filtro respecto al fenómeno de Gibbs.
4. A partir de la función de transferencia $h(x, y)$ de un filtro gaussiano pasa-bajos obtenga la respuesta en frecuencia aplicando la TDF, con tamaño igual al de la imagen. Calcule y visualice la TDF de la imagen y el producto de transformadas, verificando la acción del filtro. Obtenga la imagen filtrada y compare con la imagen original.
5. Repita el ejercicio anterior para filtro gaussiano definido en frecuencia.

Ejercicio 4: Filtros pasa-altos

1. Repita el ejercicio anterior para filtros pasa-altos.

Ejercicio 5: Filtrado homomórfico

Un uso extendido del filtrado homomórfico es la corrección de iluminación no uniforme en distintas zonas de la imagen, generalmente con alto contenido de información en la zona de bajo brillo, como por ej. en filmaciones de cámaras de seguridad y fotos con luz de día con sol de frente. En imágenes de este tipo, el filtro homomórfico corrige el contraste en la zona de interés y acentúa los detalles simultáneamente.

1. Genere la función de transferencia H que caracteriza a un filtro homomórfico.
2. Aplique el proceso en las imágenes ‘casilla.tif’ y ‘reunion.tif’, con valores apropiados de g_L , g_H , D_0 y orden (prueba y error en cada imagen...).
3. Verifique las bondades del método comparando el resultado anterior con la imagen que se obtiene al ecualizar la imagen original. Esta técnica suele ser eficaz con determinadas imágenes si el resultado se procesa con alguna técnica de manipulación de histogramas, fundamentalmente expansión o igualación.

Ejercicio 6: Necesidad de relleno con ceros

En este ejercicio vamos a estudiar el uso de la TDF y la FFT para la convolución, verificando la validez de los resultados y estimando el tiempo necesario para cada operación.

1. Cargue una imagen y realice el filtrado pasa-bajos con una máscara de tamaño grande (21x21, por ej.) en el dominio espacial y frecuencial. Obtenga las imágenes de salida y compárelas. Claramente, no estamos verificando el teorema de convolución.
2. Cargue dos imágenes de tamaño diferente (no necesariamente cuadradas), y verifique el teorema de convolución: $DFT(f * h) = F_z \cdot H_z$, donde F_z y H_z son las TDF de las imágenes con relleno de ceros apropiado. Una aplicación importante de esta propiedad es la posibilidad de calcular la convolución en el espacio o en frecuencia. Dependiendo de las capacidades de cálculo de su computadora, la convolución espacial (para tamaños típicos de imagen) puede

requerir varios minutos de procesamiento. Calcule el tiempo requerido para estas operaciones y compare.

Ejercicio 7: Cálculo rápido de la Transformada de Fourier

Ahora estudiaremos la ventaja de tener imágenes con cantidad de filas y columnas siendo potencia de 2 en los cálculos de la FFT, respecto al cálculo no optimizado de la TDF.

1. Cargue dos imágenes de tamaño 256x256 y rellene apropiadamente con ceros a un tamaño de 511x511 ($2N - 1$ muestras). Encuentre el tiempo requerido para calcular la convolución mediante la TDF.
2. Ya que el relleno con ceros puede ser de tamaño mayor al mínimo necesario, calcule el tiempo requerido para obtener la convolución mediante TDF pero esta vez rellenando con ceros a un tamaño de 512x512. Saque conclusiones de los resultados¹.

Ejercicio 8: Filtros de acentuado en el dominio frecuencial

1. A partir de la definición de una máscara de filtrado pasa-altos en el dominio espacial, obtenga la función de transferencia correspondiente a un filtro de alta potencia según $H_{AP} = (A - 1) + H_{PA}$, y a un filtro de énfasis de alta frecuencia según: $H_{EAF} = a + b H_{PA}$.
2. Elija apropiadamente los valores de los parámetros A , a y b y aplique los filtros a la imagen 'camaleon.tif', visualizando la imagen original junto a su TDF, y la imagen resultante con su TDF.
3. Compare la imagen de alta potencia con la que se obtiene al aplicar el filtro en el dominio espacial.

¹En la práctica, normalmente se calcula la convolución de una imagen f con una máscara h de tamaño considerablemente menor al de f . En los ejercicios se utilizaron imágenes de tamaño similar para ilustrar la necesidad del relleno con ceros a un número potencia de 2, pero usualmente la convolución espacial con máscaras pequeñas es mucho más rápida.