

# IEE3773 - Laboratorio de resonancia magnética

## Reconstrucción de trayectorias no cartesianas

### Objetivos

- Aprender a reconstruir trayectorias no cartesianas en imágenes de resonancia magnética.
- Estudiar los diferentes artefactos asociados a trayectorias no cartesianas.
- Aprender las ventajas y desventajas de trayectorias no cartesianas versus cartesianas.

## 1. Experiencia práctica

En esta experiencia se adquiriran los datos necesarios para realizar el informe que se pide más adelante.

- (1) Defina un protocolo para adquirir una imagen de cerebro. Procure que el setup escogido sea el adecuado para evitar artefactos.
- (2) Adquiera un corte axial 2D de un cerebro utilizando múltiples bobinas y adquiriendo la totalidad de los datos con trayectorias tanto radiales como espirales.<sup>1</sup>

## 2. Tarea

Los archivos `kspace_spiral.mat` y `kspace_radial.mat` contienen la señal completamente muestreada adquirida utilizando múltiples bobinas.

- (a) Lea los datos y verifique las dimensiones de las matrices: a) espiral:  $N_{interleaves} \times N_{samples} \times N_{coil}$  y b) radial:  $N_x \times N_{spokes} \times N_c$ .
- (b) Implemente el método de gridding estudiado con la bibliografía del control, para reconstruir las imágenes para cada set de datos (espiral y radial).
- (c) Compare para el set de datos de radial, el método de reconstrucción por retroproyección (usando `iradon`, función de Matlab) con el método de gridding programado.
- (d) Genere el mapa de sensibilidad  $c_i$  para cada una de las bobinas, similar a como lo hizo en la experiencia 1, tanto para las imágenes de `iradon` como de gridding.
- (e) Obtenga una aproximación de  $m$  a partir de  $m_i$  ( $i = 1, \dots, N_c$ ) utilizando el método de suma de cuadrados y ruido uniforme tanto para las imágenes de `iradon` como de gridding<sup>2</sup>:

$$m_{\text{sqrt}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_c} |m_i(x, y)|^2}, \quad m_u = \alpha \frac{b^T R^{-1} C}{\sqrt{C^T R^{-1} C^*}} \quad (1)$$

<sup>1</sup>No olvide indicarle al resonador que es necesario exportar el **raw data**.

<sup>2</sup>Roemer, P. B., Edelstein, W. A., Hayes, C. E., Souza, S. P., and Mueller, O. M. (1990). The NMR phased array. *Magnetic Resonance in Medicine*.

donde  $\alpha$  es una constante de escalamiento,  $b$  todas las imágenes  $m_i$  concatenadas y  $C$  las sensibilidades de todas las bobinas. Asuma que la matriz de correlación de ruido  $R$  es la identidad.

- (f) Submuestree el espacio  $k$  para espirales y radiales para  $R = 1, 2$  y  $4$ , y compare resultados usando métricas como SSIM y SNR entre los distintos tipos de submuestreo.
- (g) El problema de reconstrucción para una adquisición paralela y submuestreada utilizando SENSE se puede formular como el siguiente problema lineal:

$$E\hat{m} = B \quad (2)$$

donde  $\hat{m}$  es la imagen a reconstruir,  $E = UFC$  representa el operador de submuestreo (con  $U$  el patrón de submuestreo,  $F$  la transformada de Fourier y  $C$  la sensibilidad para todas las bobinas) y  $B$  la señal submuestreada en el espacio  $k$ . La imagen  $\hat{m}$  se puede obtener de la resolución del siguiente problema de optimización:

$$\min_{\hat{m}} \|E\hat{m} - B\| \quad (3)$$

que equivalentemente se reduce a encontrar  $\hat{m}$  que satisface

$$E^H E\hat{m} = E^H B \quad (4)$$

donde  $()^H$  corresponde a la transposición Hermitiana.

Haga una propuesta de algoritmo de SENSE para trayectorias no cartesianas (espiral y radial) usando el método de gradiente conjugado<sup>3</sup> (GC) para resolver 4.

**Bonus (2 ptos)** Implemente SENSE para trayectorias no cartesianas y comparé con los métodos de suma de cuadrados y ruido uniforme.

---

<sup>3</sup>Revise la entrada de GC en wikipedia.