

PROYECTO FINAL SIMULADOR DE MRI

Fecha de Entrega Parte I:

Viernes 03 de Diciembre de 2021 a las 11:30.

Fecha de Entrega Parte II:

Lunes 20 de Diciembre de 2021 a las 23:59.

El objetivo de esta tarea es experimentar los conceptos vistos en el curso usando simuladores de MRI libres.

Objetivo parte I: Conocer varios simuladores de MRI y experimentar sus características con respecto a instalación, usabilidad y funcionalidades.

Objetivo parte II: Entender cómo dichos simuladores son usados para estudiar las secuencias básicas y rápidas vistas en clases.

En la presente tarea tienen que usar dos simuladores de MRI para las secuencias básicas de *Spin* y *Gradiente Eco* usando los simuladores libres JEMRIS y Koma. Adicionalmente, se pedirá que para la parte I que instalen el simulador MRiLab.

Método de Evaluación: Este proyecto será evaluado en dos partes, las cuales tienen la siguiente ponderación: Parte I (25%) y Parte II (75%).

Parte II

La parte II del proyecto estará enfocada solamente en el uso de los paquetes de simulación de MRI: JEMRIS y Koma. Esta tarea, será realizada en parejas. El alumno 1 debe simular Gradient Echo y el alumno 2 Spin Echo. **¡Lea todo el enunciado antes de comenzar a hacer la tarea!**

Debe entregar un reporte donde para cada pregunta explique: (i) Qué hizo; (ii) Los resultados obtenidos; y (iii) Qué aprendió.

Se le entregará un fantoma numérico que contiene información de las propiedades T1, T2, Densidad Protónica (M0) y ΔB_0 :

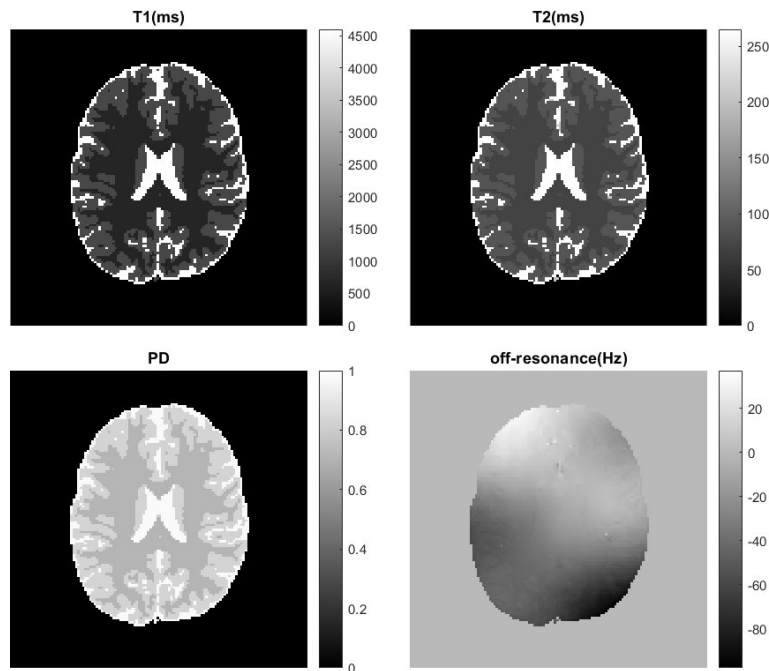


Figura 1. fantoma.mat

El fantoma tiene $N_x = N_y = 128$ pixeles. La resolución de píxel es $\Delta x = \Delta y = 2$ mm. Este fantoma estará en formato .mat para JEMRIS y en formato .phantom para Koma.

I) Preguntas teóricas (4 pts.)

- **(1 pts.)** Suponga un pulso “Hard” de duración $T=1$ ms, ¿Cuál deberá ser su magnitud de campo B_1 , para generar un flip-angle de 90° ?
- **(1 pts.)** Dada una adquisición EPI, cuál debe ser la magnitud de los gradientes de codificación en frecuencia G_x y fase G_y para una adquisición con $FOV = 25.6$ cm? Suponga que el tiempo entre muestras es de $\Delta t = 4$ μ s, $N_x = N_y = 101$, y gradiente máximo $G_{max} = 30$ mT/m. Utilice la siguiente fórmula $G_i = \frac{2\pi}{\gamma \cdot \Delta t \cdot FOV_i}$. Donde $i = x$ ó y .
- **(1 pts.)** ¿Cuánto tiempo debe durar encendido el gradiente en dirección de frecuencia τ_x y fase τ_y suponiendo la misma amplitud de gradiente?
- **(1 pts.)** ¿Cuánto tiempo debe pasar entre el bloque RF y la adquisición EPI para que el $TE = 50$ ms?
- **(1 pts.)** Para una secuencia de Spin Echo se tendrán bloques RF90-D1-RF180-D2-EPI. ¿Cuáles deben ser los delays D1 y D2 para tener mismo $TE = 50$ ms? Use que $\tau_{RF180} = 1$ ms

II) (Alumno1) Gradient Echo (5 pto.)

Simule la secuencia de Gradient Echo con lectura EPI usando los valores estimados en la parte anterior.

- (2 ptos.) Usando la interfaz de secuencias de JEMRIS (con [JEMRIS_seq](#) para **generar la secuencia desde cero**). Grafique la secuencia diseñada y muestre la imagen simulada (con JEMRIS_sim).
- (2 ptos.) Usando el framework de programación en Julia de Koma (como en la ayudantía). Grafique la secuencia diseñada y muestre la imagen simulada.
- (1 ptos.) Compare los resultados obtenidos.

III) (Alumno 2) Spin Echo (5 pto.)

Simule la secuencia de Spin Echo con lectura EPI usando los valores estimados en la parte anterior.

- (2 ptos.) Usando la interfaz de secuencias de JEMRIS (con [JEMRIS_seq](#) para **generar la secuencia desde cero**). Grafique la secuencia diseñada y muestre la imagen simulada (con JEMRIS_sim).
- (2 ptos.) Usando el framework de programación en Julia de Koma (como en la ayudantía). Grafique la secuencia diseñada y muestre la imagen simulada.
- (1 ptos.) Compare los resultados obtenidos.

IV) Artefactos de off-resonance (9 pto.)

- (1 ptos.) Modifique los fantasmas entregados y genera cuatro fantasmas nuevos con mapas de off-resonance de:
 - $\Delta f_1(x) = 0$,
 - $\Delta f_2(x) = 0.5 \cdot \Delta f_0(x)$,
 - $\Delta f_3(x) = 1.0 \cdot \Delta f_0(x)$,
 - $\Delta f_4(x) = 2.0 \cdot \Delta f_0(x)$.

En JEMRIS el off-resonance es representado por una propiedad de nombre DB [rad/s]. Por otro lado, en Koma es una propiedad llamada Δw también en [rad/s].

- (3 ptos.) (Alumno 1) Simula los fantasmas en JEMRIS y Koma usando la secuencia diseñada en el punto anterior, es decir, **Gradient Echo** con adquisición EPI. Presenta tus resultados como una tabla de imágenes con dos filas (cada simulador) y cuatro columnas (cada off-resonance).
- (3 ptos.) (Alumno 2) Simula los fantasmas en JEMRIS y Koma usando la secuencia diseñada en el punto anterior, es decir, **Spin Echo** con adquisición EPI. Presenta tus resultados como una tabla de imágenes con dos filas (cada simulador) y cuatro columnas (cada off-resonance).
- (2 ptos.) ¿Cómo modificarías la secuencia para que sea menos sensible al off-resonance? Investigue.

V) Artefactos de movimiento (9 pto.)

- (1 ptos.) Modifique los fantasmas entregados y genera cuatro fantasmas nuevos con mapas de desplazamiento $\vec{x}(t) = \vec{x}_0 + \Delta \vec{u}(\vec{x}, t)$ de:
 - $\Delta \vec{u}_1(\vec{x}, t) = 0$,
 - $\Delta \vec{u}_2(\vec{x}, t) = (0.25 \text{ m/s} \cdot t) \cdot \hat{x}$,
 - $\Delta \vec{u}_3(\vec{x}, t) = (0.50 \text{ m/s} \cdot t) \cdot \hat{x}$,
 - $\Delta \vec{u}_4(\vec{x}, t) = (1.00 \text{ m/s} \cdot t) \cdot \hat{x}$.

Para JEMRIS el movimiento se agrega utilizando una variable V de 1x7 en el diálogo de simulación (MotionTrajectory variable), donde $V = (t [\text{ms}], \text{dux} [\text{mm}], 0, 0, 0, 0, 0)$. La variable t en este caso sería la cantidad de tiempo que toma en moverse dux. Por otro lado, en Koma el fantoma tiene la propiedad $\Delta ux(x, y, z, t)$ que es una función que describe el desplazamiento en x en [m].

- (3 ptos.) (Alumno 1) Simula los fantasmas en JEMRIS y Koma usando la secuencia diseñada en el

punto anterior, es decir, **Gradient Echo** con adquisición EPI. Presenta tus resultados como una tabla de imágenes con dos filas (cada simulador) y cuatro columnas (cada nivel de movimiento).

- **(3 ptos.)** (Alumno 2) Simula los fantoma en JEMRIS y Koma usando la secuencia diseñada en el punto anterior, es decir, **Spin Echo** con adquisición EPI. Presenta tus resultados como una tabla de imágenes con dos filas (cada simulador) y cuatro columnas (cada nivel de movimiento).
- **(2 ptos.)** ¿Cómo modificarías la secuencia para que sea menos sensible al movimiento? Investigue.

ADEMÁS DEL INFORME DEBE ENTREGAR ESTAS PÁGINAS DE FORMA INDIVIDUAL A: cncastillo@uc.cl, rmcoronado@uc.cl y asdibiase@uc.cl.

Información básica: (0.5 pto.)

Major/Especialidad	
¿Eres computacionalmente hábil? (1-5) (1) No domino ningún lenguaje de programación. Solo puedo modificar levemente códigos ya hechos, pero no podría hacer el mío. (2) Tengo conocimiento de al menos un lenguaje de programación. Y soy capaz de hacer códigos básicos con él. (3) Domino al menos un lenguajes de programación. Y puedo implementar mis ideas fácilmente en él. (4) He programado mis propios softwares y domino varios lenguajes de programación. (5) Me considero un experto en programación y diseño de software. Manejo GitHub, Unix, etc.	
Sistema operativo (OS)	
¿Tienes GPU NVIDIA?	

Implementación de las secuencias (0.5 pto.)

	Me pareció simple la programación de las secuencias	Tiempo programación (hh:mm:ss)	Comentarios o complicaciones
JEMRIS			
Koma			

Ayuda a la comprensión de las secuencias (0.5 pto.)

	El simulador me ayudó a entender el funcionamiento de estas secuencias	Comentarios o complicaciones
JEMRIS		
Koma		

Artefactos de off-resonance (0.5 pto.)

	Fue simple modificar el off-resonance en la simulación	Tiempo programación (hh:mm:ss)	Comentarios o complicaciones
JEMRIS	<div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>5</div> </div> <div> Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Neutral De acuerdo Totalmente de acuerdo </div>		
Koma	<div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>5</div> </div> <div> Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Neutral De acuerdo Totalmente de acuerdo </div>		

Ayuda a la comprensión de las secuencias (0.5 pto.)

	El simulador me ayudó a entender el efecto del off-resonance en estás secuencias	Comentarios o complicaciones
JEMRIS	<div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>5</div> </div> <div> Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Neutral De acuerdo Totalmente de acuerdo </div>	
Koma	<div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>5</div> </div> <div> Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Neutral De acuerdo Totalmente de acuerdo </div>	

Artefactos de movimiento (0.5 pto.)

	Fue simple modificar el movimiento en la simulación	Tiempo programación (hh:mm:ss)	Comentarios o complicaciones
JEMRIS	<div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>5</div> </div> <div> Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Neutral De acuerdo Totalmente de acuerdo </div>		
Koma	<div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>5</div> </div> <div> Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Neutral De acuerdo Totalmente de acuerdo </div>		

Ayuda a la comprensión de las secuencias (0.5 pto.)

	El simulador me ayudó a entender el efecto de movimiento en estás secuencias	Comentarios o complicaciones
JEMRIS	<div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>5</div> </div> <div> Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Neutral De acuerdo Totalmente de acuerdo </div>	
Koma	<div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>5</div> </div> <div> Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Neutral De acuerdo Totalmente de acuerdo </div>	

Resumen de **tiempos de simulación**, **por favor correr en el mismo PC todos los experimentos:**
(1 pto.)

	GE (mm:ss)	SE (mm:ss)	GE+dF (mm:ss)	SE+dF (mm:ss)	GE+Mov (mm:ss)	SE+Mov (mm:ss)
JEMRIS						
Koma						

Apreciación personal **(0.5 pto.)**

	En este software se pueden diseñar secuencias de forma rápida	Comentarios o complicaciones
JEMRIS	<div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>5</div> </div> <div> <div>Totalmente en desacuerdo</div> <div>En desacuerdo</div> <div>Neutral</div> <div>De acuerdo</div> <div>Totalmente de acuerdo</div> </div>	
Koma	<div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>5</div> </div> <div> <div>Totalmente en desacuerdo</div> <div>En desacuerdo</div> <div>Neutral</div> <div>De acuerdo</div> <div>Totalmente de acuerdo</div> </div>	

(0.5 pto.)

	¿Qué crees que le falta a cada simulador?
JEMRIS	
Koma	

(0.5 pto.)

	¿Qué simulador recomendarías a un compañero? Y por qué.
JEMRIS	
Koma	