Transformada de Fourier en resonancias magnéticas.

Kriger, Juliana Belén.

Estudiante de Ingeniería en Computación
Universidad Nacional del Sur, Avda. Alem 1253, B8000CPB Bahía Blanca, Argentina
jube_78@hotmail.com
Agosto 2015

Resumen: En el presente trabajo se describe el principio de funcionamiento de las resonancias magnéticas, una técnica de gran utilidad que nos permite visualizar las estructuras internas del cuerpo humano sin necesidad de alterarlo. Se describe el algoritmo computacional más usado para el procesamiento de la información y se comprueba la importancia de la transformada de Fourier en este campo, estudiando cómo se produce el análisis de los datos de entrada por medio de esta herramienta matemática, que transforma la señal en imagen. Por último, se desarrollan sus principales usos tanto en la medicina, para obtener diagnósticos médicos más acertados, como en la industria.

Palabras clave: Fourier, resonancia magnética, imagen.

I. INTRODUCCIÓN

Las resonancias magnéticas son un análisis seguro e indoloro en el cual se utiliza un campo magnético y ondas de radio para obtener imágenes detalladas de los órganos y las estructuras del cuerpo.

En la resonancia magnética no se utiliza radiación y ésta es una de las diferencias que tiene con la tomografía computada. Su importancia radica en que se utiliza para la detección de afecciones y es una valiosa herramienta que utilizan a diario los profesionales de la salud para diagnosticar determinadas enfermedades.

Lo que hace esta técnica es apelar, por lo general, a los núcleos de hidrógeno, que forman parte del agua que está en el organismo. A partir de la magnetización de estos núcleos y de su alineamiento mediante campos magnéticos, un escáner permite detectar dichas señales y por medio del uso de la transformada de Fourier, convertirlas luego en imágenes.

El propósito fundamental es ilustrar la importancia de la transformada de Fourier en este ámbito. Un detalle a contemplar es que aunque los primeros estudios se realizaron con los instrumentos de onda continua, hacia 1970 aparecieron en el comercio los espectrómetros de transformada de Fourier, y por ahora este tipo de instrumentos es el que domina el mercado, por lo que es posible darse cuenta de que son los más eficientes.

II. RESONANCIAS MAGNÉTICAS

A. Antecedentes históricos.

Desde su introducción en medicina en 1976, ha resultado ser de extraordinaria utilidad en los estudios del sistema nervioso central, aparato locomotor y otros órganos blandos que no eran visualizados por métodos radiológicos, convirtiéndose rápidamente en la reina de todos los sistemas de diagnóstico por imagen.

En el año 1946, y de forma independiente, Felix Bloch y Edward Purcell descubrieron el fenómeno de la resonancia magnética, lo que les valió la concesión del Premio Nobel de Física en 1952.

Durante el período comprendido entre 1950 y 1970, la resonancia magnética nuclear fue desarrollada y utilizada como un procedimiento de análisis molecular químico y físico. En 1971, Raymond Damadian demostró que los tiempos de relajación de resonancia magnética difieren entre los tejidos sanos y los tumorales, lo que motivó a los científicos a considerar la posibilidad de utilizar la resonancia magnética para la detección de enfermedad. En la figura 1 es posible observar uno de sus primeros prototipos.

Figura 1. Damadian con uno de los primeros prototipos de resonador magnético.

En otro campo diferente de los avances tecnológicos aplicados a la medicina, Hounsfield introdujo en 1973 la tomografía axial computarizada (TAC), que emplea rayos X; el éxito de esta técnica fue inmediato, siéndole concedido a Hounsfield el Premio Nobel de Medicina en 1979. El éxito de la tomografía axial computarizada demostró que los hospitales estaban dispuestos a invertir grandes sumas de dinero en nuevos equipos de diagnóstico por imagen, lo que impulsó el desarrollo de la imagen por resonancia magnética (IRM).

El mismo año en que Hounsfield introdujo la TAC, Paul Lauterbur obtuvo la primera imagen por resonancia magnética, utilizando una técnica de retroproyección similar a la de la TAC. En 1975, Richard Ernst propuso el procedimiento actual de obtener IRM, utilizando gradientes de campo magnético en los tres ejes del espacio para efectuar codificación de frecuencia y de fase, utilizando la transformada de Fourier para obtener dichas imágenes; esta contribución de Ernst, unida a sus investigaciones sobre análisis espectroscópico por resonancia magnética nuclear, le valió el Premio Nobel de Química de 1991.

En 1977, Peter Mansfield desarrolla la técnica ultra-rápida de IRM denominada eco-planar. Años después, en 1980, Edelstein consigue obtener imágenes del cuerpo humano utilizando el método propuesto por Ernst, y a partir de este año, la IRM se introduce paulatinamente en la clínica, hasta llegar a la situación actual, donde cada año se hacen más de sesenta millones de exploraciones con esta técnica en el mundo.

Desde su introducción en medicina, ha resultado ser de extraordinaria utilidad en los estudios del sistema nervioso central, aparato locomotor y otros órganos blandos que no eran visualizados por métodos radiológicos, convirtiéndose rápidamente en la reina de todos los sistemas de diagnóstico por imagen.

B. Funcionamiento.

La base de funcionamiento de la resonancia magnética consiste en la generación de un campo electromagnético mediante el empleo de un imán de gran tamaño y la emisión de ondas de radio por parte de un escáner. Un equipo de esta técnica es posible observarse en la figuran 2 y se compone de distintas partes, básicamente:

- Un **imán** de grandes dimensiones. Lo suficientemente grande para que pueda introducirse una persona o una parte de ella dentro del mismo. Actualmente se utilizan imanes con intensidades de campo de entre 0'5 y 1'5 teslas.
- Un sistema **emisor de radiofrecuencia**, similar a una emisora de radio.
- Un sistema para hacer cambiar el campo magnético rápidamente, conocido como **gradientes.**
- Una **bobina o antena**, que se dispone alrededor del paciente y sirve para recoger la señal de radiofrecuencia emitida por nuestro cuerpo. Existen diferentes tipos en función del estudio a realizar (rodilla, cráneo, etc.).
- Una **camilla**, donde colocar al paciente para que pueda entrar en el imán.
- Un **ordenador** donde poder procesar las señales recibidas del cuerpo humano y poder generar imágenes.

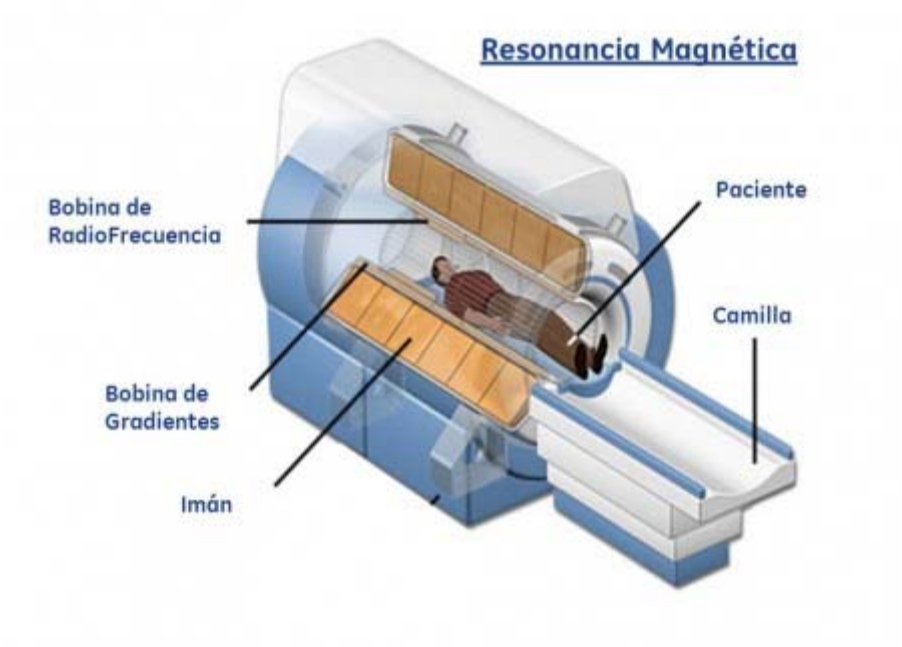

Figura 2. Descripción gráfica del equipo de resonancia magnética.

Las ondas de radio y el campo electromagnético, previamente mencionado, excitan a los protones (núcleos de los átomos de hidrógeno) que se encuentran en los tejidos que deseen ser estudiados provocando que se alineen unos con otros. Cuando la radiación electromagnética deja de emitirse los protones se liberan y regresan a su posición inicial liberando energía en forma de ondas de radio que serán recogidas por el escáner y enviadas a un ordenador para su procesamiento en forma de imagen radiológica que posteriormente será estudiada por el radiólogo.

Debido a que el imán principal genera un campo constante, todos los núcleos que posean el mismo momento magnético tendrán la misma frecuencia de resonancia. Esto significa que una señal que ocasione una resonancia magnética en estas condiciones podrá ser detectada, pero con el mismo valor desde todas las partes del cuerpo, de manera que no existe información espacial o información de dónde se produce la resonancia. Para resolver este problema se añaden bobinas, las señaladas en la figura 1 como bobinas de gradientes. Cada una de ellas genera un campo magnético de una cierta intensidad con una frecuencia controlada. Estos campos magnéticos alteran el campo magnético ya presente y, por tanto, la frecuencia de resonancia de los núcleos. Utilizando tres bobinas ortogonales es posible asignarle a cada región del espacio una frecuencia de resonancia diferente, de manera que cuando se produzca una resonancia a una frecuencia determinada será posible determinar la región del espacio de la que proviene. En vez de aplicar tres gradientes diferentes que establezcan una relación única entre frecuencia de resonancia y punto del espacio, es posible utilizar diferentes frecuencias para las bobinas de gradiente, de manera que la información queda codificada en espacio de fases. Esta información puede ser transformada en posiciones espaciales utilizando la transformada de Fourier discreta.

C. Transformada de Fourier

Con la Transformada discreta de Fourier (DFT) tenemos una forma de expresar la señal como una suma infinita de sinusoides. Utilizando esta descomposición de la señal junto con la respuesta en frecuencia tenemos una manera sencilla de determinar la salida de un sistema, en este caso, transformarla en imagen.

La DFT Transforma una función matemática en otra, obteniendo una representación en el dominio de la frecuencia, siendo la función original una función en el dominio del tiempo. De esta forma, se logra interpretar la transformada de una función periódica como un tren de impulsos en el dominio de la frecuencia. La

Transformada de Fourier X(w) de una señal en tiempo discreto x[n], con frecuencia w, se calcula mediante la expresión:

$$X(w) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] e^{-jwn} \qquad (1)$$

La entrada de la DFT en (1) es una secuencia finita de números reales o complejos, de modo que como se menciona, es ideal para procesar información almacenada en soportes digitales. En particular, se utiliza comúnmente en procesado digital de señales y otros campos relacionados dedicados a analizar las frecuencias que contiene una señal muestreada, también para resolver ecuaciones diferenciales parciales.

D. Riesgos y beneficios.

El examen de resonancia magnética casi no supone riesgos en el paciente medio si se siguen las pautas de seguridad apropiadas. Si bien el potente campo magnético no es perjudicial en sí mismo, los dispositivos médicos implantables que contienen metales pueden funcionar mal o causar problemas durante el examen.

Hay que tener en cuenta que los campos electromagnéticos que se utilizan interaccionan con los seres humanos, ya que interaccionan con cualquier partícula cargada, y esto puede derivar, principalmente, en corrientes en el interior de los tejidos y en calentamiento del cuerpo. Igualmente, estos efectos presentan un riesgo bajo y controlado.

En cuanto a los beneficios, cabe destacar que es una técnica de exploración no invasiva que no implica exposición a la radiación ionizante, que las imágenes obtenidas de las estructuras de los tejidos blandos del cuerpo—como el corazón, hígado y muchos otros órganos—tienen una mayor sensibilidad en algunos casos para identificar y caracterizar las enfermedades con precisión que otros métodos de diagnóstico por imágenes. Los detalles que se logran ver hacen de este método una herramienta valiosísima para la detección y evaluación tempranas de muchas lesiones centrales y tumores.

III. CONCLUSIONES

La resonancia magnética es una técnica muy valiosa, y en ella es posible observar que las herramientas provistas por la transformada de Fourier en el campo del análisis de señales produjeron avances de gran envergadura tanto en la medicina como en la tecnología. Cabe destacar que actualmente, es la más utilizada en el diagnóstico por imagen debido a que es inofensiva y se pueden visualizar las estructuras internas del cuerpo humano de manera eficiente.

Este caso de estudio demuestra la importancia de Fourier en el procesamiento de imágenes digitales y abre caminos para el desarrollo de nuevos programas de análisis de datos, los cuales son cada vez más rápidos, permitiendo una mayor facilidad de uso.

REFERENCIAS

[1] G. James, Matemáticas Avanzadas para Ingeniería, Pearson Educación, 2002.

[2] Squire, Lucy Frank; Novelline, Robert A. “Squire's fundamentals of radiology”, 6ª edición, 1997.

[3] Oppenheim, Alan V.; Willsky, Alan S. “Señales y sistemas”, 2ª edición, 1997.

[4] Wikipedia, *La enciclopedia libre*, [internet], disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen_por_resonancia_magnética , [acceso mayo de 2015].

[5] El Panal, Blog de salud, [internet], disponible en http://www.grupogamma.com/2011/09/historia-resonancia/ , [acceso julio de 2015].

[6] Imagen por Resonancia Magnética, [internet], disponible en http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/nuclear/mri.html , [acceso julio de 2015].

[7] Unidad de Resonancia Magnética, *Universidad de Santiago de Compostela*, [internet], disponible en http://desoft03.usc.es/rmnweb/rmnespect.html , [acceso julio de 2015].