

Capítulo 10

Conclusiones

El objetivo principal del presente proyecto final de carrera ha sido desarrollar métodos de procesado de señal que permitan tratar señales obtenidas de equipos *RMN*, de modo que sea posible interpretarlas. Dichas señales provienen de un equipo diseñado y desarrollado en *AD Telecom*, con el objetivo de que su precio sea mucho menor que el de los equipos existentes en el mercado, como ya se ha comentado en el capítulo 1. Esto hace que la calidad de las señales obtenidas sea mucho menor que la de las señales obtenidas con otros equipos comerciales, lo que justifica la búsqueda de técnicas de procesado para mejorar esta calidad.

Con el propósito de alcanzar dicho objetivo, se ha comenzado haciendo un estudio teórico del fenómeno de la resonancia magnética nuclear y de los experimentos basados en ella; estudio que se detalla en el capítulo 2.

En el capítulo 3 se ha detallado el funcionamiento de la etapa de adquisición de la señal respuesta de los experimentos, con el propósito de conocer la naturaleza de las señales a las que se aplicarán los métodos de estimación a desarrollar. Similarmente, en el capítulo 4 se explica el procesado previo que se aplica a la señal antes de estimar su espectro.

El capítulo 5 hace una pequeña introducción a la estimación espectral, mientras que en el capítulo 6 se presenta el análisis espectral típico que se suele hacer a una señal obtenida de un experimento *RMN*, basado en la transformada de Fourier.

En el capítulo 7 se desarrolla un modelo teórico basado en lo que va a suceder en la señal recogida en un experimento realizado en el instrumento desarrollado por *AD Telecom*, en la que habrá una fuerte influencia debida a la no homogeneidad del campo magnético. Este modelo matemático se

presenta con el propósito de facilitar el desarrollo de las técnicas de procesado de señal que compensen dicha influencia del campo.

En el mismo capítulo se comprueba experimentalmente la validez del modelo teórico, obteniendo señales de un aparato *RMN* comercial en el que se ha configurado el campo magnético de modo que no sea perfectamente homogéneo. Seguidamente se proponen dos algoritmos de procesado que compensan el efecto descrito, y se estudia su estabilidad numérica y su validez, aplicándolos a las señales reales recogidas. El trabajo presentado en este capítulo es uno de los más importantes realizados durante el presente proyecto, puesto que los algoritmos diseñados están adaptados específicamente a las necesidades del proyecto de *AD Telecom*, y son los que permiten desarrollar un equipo de resonancia magnética de bajo coste.

En el capítulo 8 se presentan técnicas de procesado de señal más complejas que las del capítulo 6, que si bien son técnicas genéricas y no adaptadas a las necesidades específicas del proyecto, como las del capítulo 7; sí que las complementan y ayudan al desarrollo en diversas fases del mismo.

Finalmente, en el capítulo 9 se presenta un primer inicio de la implementación en hardware de todo lo desarrollado en el resto del PFC, así como su integración con el resto de partes que componen el equipo diseñado.

10.1. Objetivos principales

Durante la realización del PFC se han logrado los siguientes objetivos principales:

1. Se ha desarrollado un modelo matemático adaptado a las particularidades del proyecto. Concretamente, en el capítulo 7 se desarrolla matemáticamente el aspecto que tienen las señales obtenidas en el equipo de *AD Telecom*. Antes de disponer del equipo completo, se ha comprobado la validez del modelo obteniendo señales *RMN* en otros equipos comerciales, simulando las condiciones de campo magnético presentes en el equipo de *AD Telecom*.
2. En el mismo capítulo se han desarrollado dos algoritmos de procesado que compensan el hecho de que el campo magnético en el equipo no sea el ideal, y se ha comprobado su funcionamiento con las mismas señales reales adquiridas para comprobar que el modelo teórico es correcto.

3. Se ha desarrollado una aplicación en *MATLAB*, *NMR Viewer*, en la que se han implementado todos los métodos y las técnicas de procesado de señal a medida que se iban considerando o desarrollando. Esta aplicación puede utilizarse para presentar los resultados en un PC de un experimento *RMN*, ya sea uno realizado por el equipo de *AD Telecom*, o el de cualquier otro fabricante, puesto que se ha integrado soporte para los mismos.
4. Se ha iniciado la implementación en hardware mediante descripciones en lenguaje *VHDL*, presentada en el capítulo 9. El trabajo realizado hasta el momento dota al equipo de funcionalidad completa, ya que la *FPGA* puede adquirir señales y transmitir las al procesador del equipo de control, que puede procesarlas y presentarlas en pantalla.

Así pues, se han alcanzado sobradamente los objetivos del proyecto, puesto que se han desarrollado e implementado dos métodos de estimación espectral adaptados a las especificaciones del proyecto, y se ha comprobado su efectividad, que era el objetivo principal del mismo. Además, se han incluido otros estimadores para facilitar la labor de investigación y desarrollo en el proyecto, se ha iniciado la implementación en el hardware final del equipo, e incluso se ha incluido soporte básico para otro tipo de experimentos más complejos, *RMN 2D*.

10.2. Trabajo futuro

El trabajo inmediato a realizar consiste en comprobar la eficacia y la eficiencia de todos los métodos desarrollados, especialmente aquellos del capítulo 7, en cuanto se disponga de señales adquiridas por el equipo de *AD Telecom*.

Una posible línea de trabajo futuro podría ser la implementación en la *FPGA* de parte del procesado que actualmente realiza el procesador del equipo de control, en caso de que fuera necesario aligerar la carga del mismo.

Una línea interesante de trabajo sería estudiar los estimadores paramétricos adaptados a senoides con amplitud decreciente exponencialmente, como por ejemplo [10], ya que es posible que con pequeñas modificaciones se puedan aplicar directamente a las señales *FID* recogidas y mejorar la calidad de los resultados.

Si en una fase posterior se decidiera integrar la realización de experimentos *RMN-2D* en el equipo, comentados en el capítulo 2, ya existe parte del trabajo realizado, ya que se ha añadido soporte básico para el proceso de señales 2D en la aplicación *NMR Viewer*.