

Tesis doctoral:

Development of a data acquisition architecture with distributed synchronization for a Positron Emission Tomography system with integrated front-end

Resumen en castellano:

La Tomografía por Emisión de Positrones (PET) es una modalidad de imagen médica nuclear no invasiva que permite observar la distribución de sustancias metabólicas en el interior del cuerpo de un paciente tras marcarlas con isótopos radioactivos y disponer después un escáner anular a su alrededor para detectar su desintegración. Las principales aplicaciones de esta técnica son la detección y seguimiento de tumores en pacientes con cáncer y los estudios metabólicos en animales pequeños.

El Instituto de Instrumentación para Imagen Molecular (I3M) está involucrado en el estudio de sistemas PET de alto rendimiento y posee un pequeño *setup* experimental con dos módulos detectores. La presente tesis se enmarca dentro de la necesidad de desarrollar un nuevo sistema de adquisición de datos (DAQ) para dicho *setup* que corrija los inconvenientes del ya existente. En particular, el objetivo es definir una arquitectura de DAQ que sea totalmente escalable, modular, y que asegure la movilidad y la reutilización de sus componentes, de manera que admita cualquier ampliación o alteración del *setup* y pueda exportarse directamente a los de otros grupos o experimentos. Al mismo tiempo, se desea que dicha arquitectura no limite el rendimiento del sistema sino que sea compatible con las mejores resoluciones disponibles en la actualidad, y en particular que sus prestaciones superen a las del DAQ instalado previamente.

En primer lugar, se realiza un estudio general de las arquitecturas de DAQ para *setups* experimentales para PET y otras aplicaciones de física de altas energías, y se determina que las características deseadas implican la digitalización temprana de las señales del detector, la comunicación exclusivamente digital entre módulos, y la ausencia de *trigger* centralizado. Asimismo, se hace patente la necesidad de un esquema de sincronización distribuida muy preciso entre módulos, con errores del orden de 100 ps, que opere directamente sobre los enlaces de datos. Un estudio de los métodos ya existentes revela sus graves limitaciones a la hora de alcanzar esas precisiones. Con el fin de paliarlos, se lleva a cabo un análisis teórico de la situación y se propone un nuevo algoritmo de sincronización que es capaz de alcanzar la resolución deseada y elimina las restricciones de alineamiento de reloj impuestas por casi todos los esquemas usuales. Dado que la medida de desfase entre relojes es una parte esencial del algoritmo propuesto, se proponen una serie de mejoras sustanciales a los métodos ya existentes. El esquema propuesto se valida utilizando placas de evaluación comerciales.

Partiendo del método de sincronismo propuesto, se define una arquitectura de DAQ para PET basada en dos tipos de módulos (adquisición y concentración) cuya replicación permite construir un sistema jerárquico de tamaño arbitrario, y se diseñan e implementan placas de circuito basadas en dicha arquitectura para el caso particular de dos detectores. El DAQ así construido se instala finalmente en el *setup* experimental y se caracterizan tanto sus propiedades de sincronización como su resolución como sistema PET, comprobándose que sus prestaciones son superiores a las del sistema previo.