

Universidad Autónoma de Madrid
Escuela Politécnica Superior

Estimation and representation of blood flow velocity 3D-vectors from an ultrasound scanner

Estimación y representación de los vectores 3D de velocidad del flujo de la
sangre obtenidos con un escáner de ultrasonidos

Anteproyecto

Carlos Moreno López
Lyngby, 22 de mayo de 2014

Tutor: Jørgen Arendt Jensen (Technical University of Denmark)
Ponente: Jesús Bescós Cano

1. Introducción

El presente documento describe el proyecto *Visualización de vectores de velocidad en 3D* o *Visualization of 3D vector velocity data*, en su título original. En él se expone la motivación de dicho proyecto, así como el plan de trabajo y los objetivos que se busca alcanzar. Para ello se introduce brevemente también la base teórica que sustenta la investigación a llevar a cabo.

2. Contexto teórico

La obtención de imágenes del cuerpo humano para el diagnóstico médico mediante el uso de ultrasonidos es una técnica altamente utilizada en la actualidad dado su mínimo riesgo y debido a que es una técnica no invasiva. Este método se basa en analizar los ecos generados por el cuerpo humano al recibir una señal de ultrasonidos controlada. Los ecos se producen debido a las variaciones en la reflectividad entre los distintos tejidos del cuerpo humano.

El uso de ultrasonidos en el ámbito clínico va más allá de la obtención de imágenes B-mode, representaciones en escala de grises de la reflectividad del tejido estudiado. Los sistemas de ultrasonidos se han utilizado desde 1957 también para el estudio de el sistema circulatorio, calculando la velocidad del flujo sanguíneo a través del efecto Doppler. [1] [4]

La evolución de los sistemas de ultrasonidos en este campo ha atravesado tres fases fundamentales. Desde el cálculo de una sola componente de los vectores de velocidad del flujo de la sangre a través de sistemas de 1D, pasando por los sistemas 2D capaces de calcular los vectores de velocidad de flujo en un plano específico, se ha perseguido alcanzar la obtención de los vectores de velocidad en 3D, teniendo así información de todas sus componentes espaciales. [3]

3. Motivación y Objetivos

El grupo de investigación CFU (Center for Fast Ultrasound Imaging) perteneciente al departamento de Ingeniería Eléctrica de la universidad DTU (Technical University of Denmark) cuenta con un escaner de ultrasonidos no comercial destinado a la investigación médica.

Este escáner de ultrasonidos, SARUS (Synthetic Aperture Real Time Ultrasound Scanner), fue el primero de este tipo en el mundo y es el único instrumento creado hasta la fecha que tiene el potencial suficiente como para representar el movimiento de la sangre en 3D. Por todo ello, SARUS es considerado el escáner de ultrasonidos más potente del mundo. El uso de este escáner permite a los investigadores del grupo el desarrollo y la implementación de nuevos métodos de generación de imágenes clínicas a través de ultrasonidos, así como el estudio del flujo sanguíneo. [5]

Sin embargo, SARUS ha de ser programado específicamente en cada ocasión que va a ser utilizado, siendo necesario un alto grado de formación para realizar medidas con él. Esta

particularidad hace que se necesiten meses de trabajo para obtener las medidas deseadas, que no podrían ser obtenidas con ningún otro sistema. La finalidad de la utilización de un escáner de esta magnitud es el desarrollo de nuevas técnicas de diagnóstico con ultrasonidos y del correspondiente software para la implementación del mismo en los escáners comerciales que se están desarrollando en la actualidad. Hasta el momento las mediciones que se han realizado con dicho escáner se han centrado en la obtención de imágenes tridimensionales en B-mode, pero su potencial se extiende a otro tipo de técnicas como las medidas de flujo en 3D.

Es de la necesidad de tratar de forma eficaz los datos obtenidos del escáner tridimensional de donde nace la motivación de este proyecto, que busca desarrollar una serie de algoritmos capaces de convertir los diferentes tipos de datos brutos de SARUS en una información que sea procesable de forma clara, sencilla y eficaz. De esta forma, se ha de partir de datos complejos y no procesados, obtenidos en series de ecos recibidos por el transductor de ultrasonidos para los distintos ángulos de emisión, para generar matrices que representen la realidad del objeto estudiado. Este proceso se hace aún más complicado cuando lo que se ha de extraer son matrices con vectores de velocidad en 3D para cada posición, estando los datos distribuidos de forma desigual por las características de la obtención de datos mediante un transductor de ultrasonidos.

Si el proyecto es exitoso facilitaría el trabajo de los investigadores de este departamento. Los algoritmos desarrollados en este proyecto serían utilizados por parte de los investigadores para producir imágenes de calidad que permitieran representar y compartir sus avances. Por tanto, como herramienta para la mejora de las investigaciones, este proyecto a la larga tendrá un impacto en los resultados de las mismas, pudiendo ayudar en el desarrollo del diagnóstico a través de ultrasonidos.

El objeto de este proyecto será, por tanto, el diseño e implementación de los algoritmos necesarios para posibilitar la correcta visualización de los vectores de velocidad del flujo sanguíneo obtenidos con el escáner de ultrasonidos SARUS.

4. Metodología y plan de trabajo

El proyecto aquí presentado está compuesto de tres fases principales: una investigación teórica sobre el estado del arte en este campo, una fase de desarrollo de los algoritmos necesarios para el procesamiento de los datos y finalmente una evaluación de los algoritmos implementados.

La programación tentativa es:

- **Meses 1 - 2:** Estudio de literatura relevante, y análisis del estado del arte.
Familiarización con el tema a investigar, así como con la terminología y los últimos avances en el campo. Se consultarán tanto libros de referencia como publicaciones en revistas científicas y se analizarán algoritmos con labores similares a la perseguida en este proyecto.

- **Meses 3 - 4:** Diseño y desarrollo.
Diseño de un algoritmo capaz de transformar los datos brutos obtenidos con el escáner del

ultrasonidos a un formato visualizable y visualización de los mismos según las necesidades del departamento. Implementación en MATLAB del algoritmo diseñado. Este desarrollo cuenta con las siguientes fases:

- Script interpolador de los datos estáticos brutos provenientes de un transductor de array lineal
 - Script interpolador de los datos estáticos brutos provenientes de un transductor de array de fase
 - Script interpolador de los datos estáticos brutos provenientes de un transductor de array convexo
 - Script interpolador de los datos de velocidad brutos provenientes de un transductor de array lineal
 - Script interpolador de los datos de velocidad brutos provenientes de un transductor de array de fase
 - Script interpolador de los datos de velocidad brutos provenientes de un transductor de array convexo
 - Script generador de un colormap adecuado a los datos recibidos
 - Script generador de una máscara que separe los datos en movimiento de los datos estáticos
 - Script de representación de la velocidad absoluta con un mapa de color
 - Script de representación de las componentes de velocidad como vectores
 - Script de representación de las componentes de velocidad como streamlines
 - Combinación de las diferentes posibles representaciones
 - Preparación de las imágenes obtenidas para la generación de vídeos que muestren los datos representados
 - Otras opciones
- **Meses 5 - 6:** Pruebas y resultados
Diseño y realización de pruebas para los algoritmos diseñados, así como documentación de los mismos y conclusión del proyecto realizado.

El proyecto de fin de carrera presentado en este documento se enmarca dentro del programa LLP Erasmus, y se realizará en la universidad DTU (Technical University of Denmark) dónde el acuerdo de estudios del estudiante muestra su correspondencia con una tesis de fin de master (Master Thesis) de la universidad en la que se realiza, de 30 créditos ECTS, que equivale a 840 horas de dedicación.

Estas horas se computarán como trabajo presencial en el departamento, donde el estudiante contará con una plaza asignada en el laboratorio de estudiantes que realizan proyectos del departamento. El seguimiento de los avances en el proyecto será valorado en reuniones semanales con los supervisores del proyecto así como una reunion mensual con el jefe de departamento.

El sistema de evaluación en DTU una memoria final de la tesis y la correspondiente defensa frente a un tribunal conformado por tres doctores, dos procedentes del grupo de investigación y uno externo al mismo.

De esta forma el trabajo realizado será entregado, presentado y evaluado en la universidad en la que se realiza, antes de ser entregado, presentado y evaluado en la Universidad Autónoma de Madrid.

5. Medios y equipo

Este proyecto se llevará a cabo en la universidad DTU (Technical University of Denmark), dentro del CFU (Center for Fast Ultrasound Imaging) que pertenece al departamento de Ingeniería Eléctrica en el área de la Ingeniería Biomédica.

Las medidas de datos de ultrasonidos con las que se trabajará se habrán desarrollado utilizando el escáner de ultrasonidos SARUS y el resto equipo disponible en los laboratorios de dicho departamento, localizado en el edificio 349 del campus de la universidad situado en Lyngby, Dinamarca.

El tratamiento y análisis de los datos experimentales se llevarán a cabo utilizando el software MATLAB tanto en los ordenadores del departamento como en el propio del estudiante.

6. Conclusión

En este documento se han descrito brevemente los aspectos generales del proyecto *Visualización de vectores de velocidad en 3D*, aunque debe entenderse como una guía susceptible a variaciones, pues a medida que el proyecto avance se desarrollarán en mayor profundidad ciertas líneas de investigación y se abandonarán otras. Sin embargo, la visualización en de los vectores de velocidad del flujo de la sangre obtenidos mediante un escáner de ultrasonidos se mantendrá como objetivo constante.

7. Referencias

- [1] Arendt Jensen, J. *Estimation of blood Velocities Using Ultrasound: A Signal Processing Approach*. Department of Electrical Engineering. Technical University of Denmark. 2008.
- [2] Prince, J.L. Links, J.H. *Medical Imaging. Signals and Systems*. Perason's Education. 2006.
- [3] Johannes Pihl, M. *3D vector flow imaging*. PhD thesis. Department of Electrical Engineering. Technical University of Denmark. August 2012.

[4] Dunmire, B. and Beach, K. W. *A Brief History of Vector Doppler* In SPIE Med. Imag. V Symp., volume 4325, pages 200-214. February 2001.

[5] Center for Fast Ultrasound Imaging. <http://www.cfu.elektro.dtu.dk/> Viewed February 2014.