



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Elastografía Pasiva con Ultrasonidos: Construcción de una Plataforma de Vibración Multipunto para Generar Campo Difuso y Medir Elasticidad de Tejidos Blandos

Descripción general (resumen y metodología):

La elastografía clínica convencional mide la rigidez de los tejidos disparando activamente un pulso de ultrasonidos que empuja el tejido y genera una onda de corte. Pero existe una forma alternativa, matemáticamente equivalente, de obtener la misma información sin ningún disparo activo: si el tejido vibra con ondas propagándose en todas las direcciones simultáneamente —un campo difuso— la correlación cruzada del campo de desplazamiento entre dos puntos cualquiera reproduce la propagación de la onda de corte entre ellos, y de ahí se extrae directamente la elasticidad. Es el mismo principio que usa la sismología pasiva para mapear el interior de la Tierra correlando el ruido sísmico ambiental, trasladado aquí a la escala de un phantom de laboratorio.

Este TFG construye la plataforma instrumental que hace posible ese experimento. Cuatro motores brushless de dron, dispuestos radialmente alrededor del phantom, tienen acoplado en su eje un disco que transmite un par torsional oscilante a la superficie del phantom, generando ondas de corte que se propagan hacia el interior. Cada motor recibe una señal de excitación independiente de su propio generador, de forma que los cuatro canales vibran a frecuencias distintas entre 500 y 1000 Hz y son mutuamente incoherentes: juntos crean el campo difuso necesario para la correlación. El sistema Verasonics Vantage 256 del laboratorio, operando en modo de imagen ultrarrápida, captura el campo de desplazamiento dentro del phantom en tiempo real.

El alumno diseñará e imprimirá en 3D el soporte que posiciona los cuatro motores alrededor del phantom con la ventana acústica libre para la sonda, construirá la electrónica de excitación de cuatro canales independientes, conectará el sistema de disparo con el Verasonics, y caracterizará el sistema midiendo que el campo de desplazamiento generado es detectable y que los cuatro canales vibran de forma independiente. El análisis de correlación y la inversión a velocidad de onda quedan a cargo de la tutora, por lo que el éxito del TFG depende únicamente de que el sistema construido funcione y esté bien documentado.

Tipología: Trabajos experimentales, de toma de datos de campo o de laboratorio.

Objetivos planteados:

- Diseñar e imprimir en 3D el soporte radial de cuatro motores: posicionamiento simétrico alrededor del phantom, ventana acústica libre para la sonda Verasonics, aislamiento mecánico para que la vibración de los motores no llegue directamente al transductor.
- Construir la electrónica de excitación de cuatro canales independientes para los motores brushless: control de velocidad y frecuencia por canal en el rango 500-1000 Hz.
- Conectar el sistema de disparo con el Verasonics para sincronizar la adquisición del campo de desplazamiento con las señales de excitación de los cuatro motores.
- Verificar que los cuatro canales vibran de forma mutuamente independiente midiendo que no existe correlación entre sus señales de excitación.
- Caracterizar el sistema en phantom de gelatina: verificar que el campo de desplazamiento generado es detectable por el Verasonics con relación señal-ruido suficiente en el plano de imagen.

- Entregar el dataset documentado: señales de desplazamiento, señales de excitación, geometría del soporte y parámetros de cada canal, en formato acordado con la tutora.

Bibliografía básica:

Catheline, S. et al. Tomography from diffuse waves: passive shear wave imaging using low frame rate ultrasound. *Applied Physics Letters*, 103:014101, 2013. DOI: 10.1063/1.4812515

Parker, K.J. et al. Reverberant shear wave fields and estimation of tissue properties. *Physics in Medicine & Biology*, 62(3):1046-1061, 2017. DOI: 10.1088/1361-6560/aa5201

Ormachea, J. y Parker, K.J. Comprehensive viscoelastic characterization of tissues and the inter-relationship of shear wave velocity, attenuation and dispersion. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 46(12):3448-3459, 2020. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.08.023

Faris, I.H. et al. Viscoelastic biomarkers of ex vivo liver samples via torsional wave elastography. *Diagnostics*, 10(2):111, 2020. DOI: 10.3390/diagnostics10020111

Gallot, T. et al. Passive elastography: shear-wave tomography from physiological-noise correlation in soft tissues. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, 58(6):1122-1126, 2011. DOI: 10.1109/TUFFC.2011.1920

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Invitamos a estudiantes de último año del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial a participar en este proyecto, que combina diseño mecatrónico, electrónica de control e instrumentación ultrasónica en el contexto de la elastografía biomédica. El trabajo es ideal para estudiantes con interés en sistemas embebidos, diseño 3D y electrónica de potencia. El análisis científico de los datos queda a cargo de la tutora, por lo que el éxito del TFG depende únicamente de construir y caracterizar bien la plataforma. Son valorables conocimientos de electrónica, microcontroladores y Python o MATLAB, aunque no son imprescindibles. Se recomienda contactar con la tutora antes de formalizar la solicitud.

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: INAS FARIS FADHIL

Ámbito de conocimiento/Departamento: MECÁNICA DE LOS MEDIOS CONTINUOS Y TEORÍA DE ESTRUCTURAS

Correo electrónico: inas@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos: JOSE MANUEL CORTES CORTES

Ámbito de conocimiento/Departamento: MECÁNICA DE LOS MEDIOS CONTINUOS Y TEORÍA DE ESTRUCTURAS

Correo electrónico: jmcortes@ugr.es

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos:

Correo electrónico:

Nombre de la empresa o institución:

Dirección postal:

Puesto del tutor en la empresa o institución:

Centro de convenio Externo:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos:

Correo electrónico:

Elastografía Pasiva con Ultrasonidos: Construcción de una Plataforma de Vibración Multipunto para Generar Campo Difuso y Medir Elasticidad de Tejidos Blandos

Tutores: Inas Faris Fadhil y José Manuel Cortes

Descripción general (resumen y metodología):

La elastografía clínica convencional mide la rigidez de los tejidos disparando activamente un pulso de ultrasonidos que empuja el tejido y genera una onda de corte. Pero existe una forma alternativa, matemáticamente equivalente, de obtener la misma información sin ningún disparo activo: si el tejido vibra con ondas propagándose en todas las direcciones simultáneamente —un campo difuso— la correlación cruzada del campo de desplazamiento entre dos puntos cualquiera reproduce la propagación de la onda de corte entre ellos, y de ahí se extrae directamente la elasticidad. Es el mismo principio que usa la sismología pasiva para mapear el interior de la Tierra correlando el ruido sísmico ambiental, trasladado aquí a la escala de un phantom de laboratorio.

Este TFG construye la plataforma instrumental que hace posible ese experimento. Cuatro motores brushless de dron, dispuestos radialmente alrededor del phantom, tienen acoplado en su eje un disco que transmite un par torsional oscilante a la superficie del phantom, generando ondas de corte que se propagan hacia el interior. Cada motor recibe una señal de excitación independiente de su propio generador, de forma que los cuatro canales vibran a frecuencias distintas entre 500 y 1000 Hz y son mutuamente incoherentes: juntos crean el campo difuso necesario para la correlación. El sistema Verasonics Vantage 256 del laboratorio, operando en modo de imagen ultrarrápida, captura el campo de desplazamiento dentro del phantom en tiempo real.

El alumno diseñará e imprimirá en 3D el soporte que posiciona los cuatro motores alrededor del phantom con la ventana acústica libre para la sonda, construirá la electrónica de excitación de cuatro canales independientes, conectará el sistema de disparo con el Verasonics, y caracterizará el sistema midiendo que el campo de desplazamiento generado es detectable y que los cuatro canales vibran de forma independiente. El análisis de correlación y la inversión a velocidad de onda quedan a cargo de la tutora, por lo que el éxito del TFG depende únicamente de que el sistema construido funcione y esté bien documentado.

Objetivos planteados:

- Diseñar e imprimir en 3D el soporte radial de cuatro motores: posicionamiento simétrico alrededor del phantom, ventana acústica libre para la sonda Verasonics, aislamiento mecánico para que la vibración de los motores no llegue directamente al transductor.
- Construir la electrónica de excitación de cuatro canales independientes para los motores brushless: control de velocidad y frecuencia por canal en el rango 500–1000 Hz.
- Conectar el sistema de disparo con el Verasonics para sincronizar la adquisición del campo de desplazamiento con las señales de excitación de los cuatro motores.
- Verificar que los cuatro canales vibran de forma mutuamente independiente midiendo que no existe correlación entre sus señales de excitación.
- Caracterizar el sistema en phantom de gelatina: verificar que el campo de desplazamiento generado es detectable por el Verasonics con relación señal-ruido suficiente en el plano de imagen.
- Entregar el dataset documentado: señales de desplazamiento, señales de excitación, geometría del soporte y parámetros de cada canal, en formato acordado con la tutora.

Bibliografía básica:

- Catheline, S. et al. Tomography from diffuse waves: passive shear wave imaging using low frame rate ultrasound. *Applied Physics Letters*, 103:014101, 2013. DOI: 10.1063/1.4812515
- Parker, K.J. et al. Reverberant shear wave fields and estimation of tissue properties. *Physics in Medicine & Biology*, 62(3):1046–1061, 2017. DOI: 10.1088/1361-6560/aa5201

- Ormachea, J. y Parker, K.J. Comprehensive viscoelastic characterization of tissues and the inter-relationship of shear wave velocity, attenuation and dispersion. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 46(12):3448–3459, 2020. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.08.023
- Faris, I.H. et al. Viscoelastic biomarkers of ex vivo liver samples via torsional wave elastography. *Diagnostics*, 10(2):111, 2020. DOI: 10.3390/diagnostics10020111
- Gallot, T. et al. Passive elastography: shear-wave tomography from physiological-noise correlation in soft tissues. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, 58(6):1122–1126, 2011. DOI: 10.1109/TUFFC.2011.1920

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Invitamos a estudiantes de último año del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial a participar en este proyecto, que combina diseño mecatrónico, electrónica de control e instrumentación ultrasónica en el contexto de la elastografía biomédica. El trabajo es ideal para estudiantes con interés en sistemas embebidos, diseño 3D y electrónica de potencia. El análisis científico de los datos queda a cargo de la tutora, por lo que el éxito del TFG depende únicamente de construir y caracterizar bien la plataforma. Son valorables conocimientos de electrónica, microcontroladores y Python o MATLAB, aunque no son imprescindibles. Se recomienda contactar con la tutora antes de formalizar la solicitud.