

Evaluación de desempeño de algoritmos de registro de imágenes médicas de abdomen para aplicaciones de radioterapia.

Proyecto de Tesis de Maestría
Posgrado en Ingeniería Electrónica
Asesores: DR. Aldo Mejía / Dr. Edgar Arce

Motivación

El registro de imágenes es una herramienta de apoyo en el ámbito clínico, debido a su capacidad de obtener información relacionada con las deformaciones anatómicas que pueden estar presente dentro de las imágenes causadas por movimientos fisiológicos o efectos causados por un tratamiento clínico [1]. En particular en aplicaciones de radioterapia, como es el diseño de planes de tratamiento radiológico para optimizar la dosis de radiación entregada al tumor y minimizar la dosis en órganos sanos en las cercanías del tumor, el registro de imágenes permite obtener información útil que permita al experto clínico adaptar el plan de tratamiento tomando en cuenta efectos secundarios no deseados (cambios anatómicos causados por deformación / reducción de órganos sanos o pérdida de peso del paciente) causados por la radiación a órganos sanos [2]. En este caso tener un registro de imágenes de gran precisión, que además sea realizado en un tiempo razonablemente corto es crucial para el experto clínico, además los parámetros de diferentes algoritmos de registro deben de cambiar dependiendo de cuál sea el tracto anatómico visible en las imágenes a registrar. Así el trabajo de tesis consistiría en realizar una evaluación exhaustiva de los algoritmos de registro de imágenes médicas monomodales presentes en el estado del arte y evaluar su desempeño en aplicaciones de radioterapia.

Este tema de tesis se desarrolla dentro del proyecto de colaboración internacional México-Italia 2015-2016 *“Optimización y evaluación cuantitativa de nuevos enfoques estadísticos para el registro no-rígido de imágenes multimodales/multiespectrales en aplicaciones de radioterapia”* aprobado entre la UASLP y el Instituto de Bioimagenología y Fisiología Molecular (IBFM) de Milán por la AMEXCID; por lo que el estudiante tendrá acceso a bases de datos médicas de casos clínicos reales provenientes de la contraparte italiana, así como la posibilidad de realizar una estancia corta de trabajo en Italia dentro de las instalaciones del IBFM. Durante el desarrollo del proyecto de tesis, el alumno participará activamente en reuniones de trabajo con académicos de la UASLP e investigadores italianos, y en la planeación de estrategias de evaluación de técnicas de registro de imágenes médicas, enfocadas a tareas de seguimiento de órganos en riesgo y tumores durante el tratamiento de radioterapia. Se espera que al concluir el proyecto el estudiante obtenga una formación integral, tanto en la parte técnica del problema de registro de imágenes médicas, como en la práctica de su aplicación en radioterapia, así como en la interacción con otros grupos de trabajo internacionales.

Objetivo

Comprender y optimizar el desempeño de los algoritmos del estado del arte de registro de imágenes específicamente para el registro de imágenes médicas del tracto abdominal; y evaluar su desempeño en función del análisis de estructuras anatómicas de interés clínico.

Metodología

Actualmente se tienen a disposición algoritmos de registro de imágenes médicas monomodales, como son el algoritmo de Demons y Diffeomorphic Demons [3], métodos basados en el Flujo Óptico [4], entre otros, los cuales han sido utilizados de acuerdo a las especificaciones sugeridas por el autor, sin embargo, estos parámetros fueron establecidos para diferentes secciones anatómicas (cabeza-cuello, tórax, etc.) y para distintos tipos de imágenes médicas (TAC, RM, Tomografía por Emisión de Positrones, etc.); por lo que sigue siendo un problema abierto la optimización de distintas técnicas de registro para un solo tipo de imagen médica en el mismo tracto anatómico. Es por ello que se pretende en esta tesis optimizar, evaluar y comparar los algoritmos en el estado del arte con el objetivo de brindar al experto clínico información útil que pueda ayudar a decidir que técnica es más conveniente utilizar para una sección anatómica particular.

Adicionalmente, se tiene contemplado el estudio de diferentes índices que brindan información de la precisión del registro como son el cálculo del Target Registration Error (TRE) utilizando marcadores anatómicos, el coeficiente DICE de superposición de estructuras de interés, la distancia simétrica media (DSM), el valor de jacobiano del campo de deformación, entre otros [5,6], los cuales deberán ser implementados en una interfaz gráfica de usuario (preferentemente en MATLAB) con la cual se pueda realizar una evaluación de la recuperación de deformaciones de las estructuras anatómicas de interés presentes en las imágenes médicas a estudiar.

Calendario de Actividades

- *Junio-Septiembre/2015.* Revisar, estudiar y entender los algoritmos de registro de imágenes médicas en el estado del arte; y decidir cuáles son los 4 algoritmos más apropiados para el registro de imágenes del tracto abdominal.
- *Octubre-Diciembre/2015.* Estudiar los principios físicos de formación de imágenes médicas, como Tomografía Axial Computarizada (TAC) y Resonancia Magnética Nuclear (RMN), de tal manera que sea posible optimizar los parámetros de los distintos algoritmos de registro de imágenes.
- *Enero/Mayo 2016.* Diseñar e implementar estrategias de evaluación y comparación del desempeño de los distintos métodos de registro de imágenes teniendo como prioridad la precisión del registro en recuperar deformaciones de estructuras anatómicas específicas de interés y la velocidad de procesamiento. Implementación de interfaz gráfica de usuario para la evaluación de los diferentes registros. En este periodo se podrá realizar una estancia corta de trabajo en el IBFM de Milán, Italia.
- *Junio-Julio/2016.* Redacción del documento de tesis.
- *Agosto/2016.* Presentación de los exámenes previo y final de grado.

Materias por Cursar

En el semestre Agosto-Diciembre/2015 se deben cursar (o haber cursado) 2 de las siguientes 3 materias:

1. Procesamiento digital de imágenes.
2. Optimización.
3. Detección y estimación.

Bibliografía

- [1] B. Zitová and J. Flusser, "Image registration methods: a survey", *Image and Vision Computing*, Vol. 21, pp. 977–1000, 2003.
- [2] D. L. Hill, P. G. Batchelor, M. Holden, D. J. Hawkes, "Medical image registration". *Phys Med Biol*. 46: R1-45, 2001.
- [3] Vercauteren T, Pennec X, Perchant A, Ayache N. Diffeomorphic demons: efficient non-parametric image registration. *Neuroimage*. 45(Suppl 1):S61–S72, 2009.
- [4] Horn BK, Schunck BG. Determining optical flow: a retrospective. *Artificial Intelligence*. 59(1-2): 81–87, 1993.
- [5] Faggiano E, Cattaneo GM, Ciavarrò C, Dell'Oca I, Persano D, Calandrino R, Rizzo G. Validation of an elastic registration technique to estimate anatomical lung modification in non-small-cell lung cancer tomotherapy. *Radiat Oncol*. 6:31, 2011.
- [6] Mejia-Rodriguez A, Arce-Santana ER, Scalco E, Tresoldi D, Mendez MO, et al. Elastic registration based on particle filter in radiotherapy images with brain deformations. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*; 2011:8049–8052.