

SLD075 LIBRERÍA DE SEGMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS EN IMÁGENES MÉDICAS DIGITALES BIDIMENSIONALES Y TRIDIMENSIONALES

SLD075 SEGMENTATION LIBRARY OF STRUCTURES IN TWO DIMENSIONAL AND THREE DIMENSIONAL MEDICAL IMAGES

Alejandro Luis Ortega Díaz¹, Luis Carlos González Bárcenas², Filiberto López Palenzuela³.

1 Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, alortega@uci.cu, Calle Beatriz #11111 e/ 1ra y 2da apto 3. Alturas de la Habana. La Habana.

2Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, luisc@lt.desoft.cu

3Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, flopez@uci.cu

RESUMEN: El trabajo se fundamenta en la creación de una librería para la realización de los diferentes pasos de procesamiento de imágenes médicas y la obtención de los segmentos anatómicos deseados en imágenes de tomografía axial computarizada. El objetivo general es implementar una librería de segmentación de imágenes médicas digitales de Tomografía Axial Computarizada (TAC), que pueda ser utilizada para identificar estructuras anatómicas específicas, que se integre al módulo de reconstrucción tridimensional perteneciente a la solución alas PACS. Se realizó una investigación sobre los diferentes sistemas existentes en Cuba y en el mundo para obtener información sobre sus características. Además se analizaron diferentes requerimientos del módulo de reconstrucción tridimensional del sistema alasPACS, para vincularle diferentes funcionalidades de obtención de segmentos específicos en estudios de imágenes médicas. Para la segmentación se utilizaron métodos de umbralización y de crecimiento de regiones, así como métodos de preprocesamiento y refinamiento para mejorar los resultados obtenidos, apoyándose en los métodos implementados en la librería de procesamiento ITK. Se obtuvo una librería de funcionalidades que facilitará la identificación y clasificación de diversas estructuras en imágenes médicas, que se integrará al módulo de reconstrucción tridimensional del alas PACS.

Palabras claves:Imagenología, segmentación, librería, procesamiento, tridimensional.

ABSTRACT: Theresearch focuses onthe creation ofa library forperformingthe various steps inmedical image processingandobtaining thedesiredanatomical segmentscomputed tomographyimages (CT). The general objective is to implement a segmentation library of digital medical images ofComputed Tomography which canbe used to identifyspecific anatomicalstructures, which is integrated into thethree-dimensional reconstructionmodulebelonging to thealasPACSSolution. An investigation was made onthe different systemsin Cuba andinthe worldto learn aboutits features. Alsoanalyzeddifferent requirements of the threedimensional reconstructionmodulebelonging to thealasPACSSystemtolink different functionalitiesforobtainingsspecific segmentsinmedical imagingstudies. For segmentation,were used thresholdingmethodsand regions growing,preprocessing methodsand refinementto improvethe results, based on the methods implemented intheprocessing libraryITK. We obtaineda libraryof functions thatfacilitate the identificationand classification ofvarious structuresinmedical images, which will join thethree-dimensional reconstructionmodulealasPACSSystem.

Keywords:Imaging, segmentation, library, processing, three-dimensional.

1. INTRODUCCIÓN

La informática y las telecomunicaciones desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad se han desarrollado de forma vertiginosa. Influyendo en la medicina, haciendo de la informatización un elemento casi imprescindible para lograr un servicio médico de alta calidad. Desde los años setenta, con la aparición de la Tomografía Axial Computarizada (TAC), surge la Radiología Digital (RD) y comienza el uso de la imagen digital en la medicina. En años posteriores aparecieron nuevas modalidades de diagnóstico por imágenes como la Resonancia Magnética Nuclear (RMN) y el Ultrasonido (US), entre otras.

En las últimas décadas se ha incrementado la utilización de la imagen digital en la medicina y el uso de las computadoras en su procesamiento, unido a la gran diversidad de equipos médicos de adquisición de imágenes y de modalidades médicas. Por ese motivo se hizo necesario el desarrollo de un estándar que facilitara el manejo de las imágenes y que posibilitara la comunicación y compatibilidad entre equipos médicos y sistemas informáticos de diferentes fabricantes, el estándar DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine). [1]

La creación de un estándar facilitó e impulsó el desarrollo y expansión de los sistemas de almacenamiento y transmisión de imágenes médicas (PACS). Los PACS constituyen el principal avance en la gestión automatizada de la información en los departamentos de diagnóstico por imágenes. Su principal objetivo es permitir el funcionamiento del servicio de imágenes sin la necesidad de la impresión de placas radiológicas, supliendo los altos costos en tiempo y dinero que esto significa.

El desarrollo de los sistemas de computación, reflejado en las mejoras de la velocidad y capacidad de almacenamiento de información, ha permitido impulsar los resultados en el área de procesamiento de imágenes. A partir de ahí se incorporaron nuevas herramientas para la obtención de modelos tridimensionales mediante reconstrucción tridimensional (3D).

En la visión y gráficos por computadora, la reconstrucción 3D se define como el proceso de capturar la forma y la apariencia de objetos reales. La reconstrucción 3D con

identificación de estructuras anatómicas a partir de imágenes médicas, se ha convertido en una técnica útil que facilita la visualización óptima de los segmentos corporales que necesitan ser evaluados. En la actualidad esta forma de estudio médico está siendo muy utilizada como una herramienta importante en el diagnóstico médico de diversas patologías y la planeación de terapias y procedimientos quirúrgicos; dado que con la reconstrucción de dichas imágenes se puede obtener una información más apreciable a los ojos del especialista.

En el mundo existen compañías como Philips, SIEMENS, General Electric, Toshiba America Medical Systems y Shimadzu Corporation, que se han encargado de desarrollar las tecnologías necesarias para la obtención y procesamiento de imágenes médicas en diferentes modalidades como TAC, RMN y otras. Algunas de estas corporaciones también invierten recursos en el desarrollo de soluciones PACS que permitan la obtención de modelos tridimensionales. [1]

Para la selección de una estructura anatómica más específica se necesita utilizar algoritmos de segmentación sobre la serie de imágenes a analizar. La segmentación es un proceso que consiste en identificar y clasificar el contenido de una muestra digital de información, en este caso tratándose de las imágenes obtenidas por los equipos usados en el departamento de imagenología médica. La segmentación de una imagen es un proceso que suele ser el segundo paso en el análisis de una imagen digital y tiene lugar normalmente después del preprocesamiento de la imagen. Durante este se mejora la imagen de manera que los siguientes pasos se puedan llevar a cabo de una manera más efectiva. Por ejemplo, se puede corregir el nivel de brillo, ajustar la opacidad o afinar los bordes. Las correcciones se aplican en dependencia de cuáles vayan a ser los siguientes pasos.

La segmentación de imágenes tridimensionales es uno de los problemas más críticos dentro del campo del procesamiento de imágenes, aumenta aún más esa dificultad cuando se tratan de identificar estructuras anatómicas específicas en imágenes médicas. En este proceso se presentan diferentes factores que pueden afectar el proceso de detección de los límites

de dichas estructuras anatómicas, tales como: ruido y variación de intensidades.

El módulo de reconstrucción tridimensional perteneciente al sistema alas PACS, actualmente realiza la reconstrucción 3D de las series de imágenes médicas. El mismo permite visualizar diferentes tipos de elementos del volumen creado apoyándose de paletas de colores basadas en la escala de Hounsfield¹. No obstante posee la limitante de que reconstruye el volumen completo, aun cuando solo se necesite observar una estructura anatómica específica de dicho estudio. Actualmente en Cuba, esta funcionalidad solo se encuentra disponible interactuando con la estación de trabajo acoplada a los propios equipos médicos.

Las nuevas soluciones de reconstrucción 3D en el mundo se han ido perfeccionando de tal forma que, en la actualidad no se concibe una solución de software que no permita usar este método con identificación de estructuras anatómicas. Los clientes en el mundo de la imagenología médica se han vuelto cada vez más exigentes en este sentido, por lo cual es necesario incorporar esta funcionalidad al sistema alas PACS creado en el departamento Software Médico Imagenológico (SWMI). Con esto se logrará tener un software que se adapte a las altas exigencias que existen en el mercado en el área del software médico imagenológico.

De esta forma y teniendo en cuenta lo anteriormente planteado, se identifica como objetivo general: Implementar una librería de segmentación de imágenes médicas digitales de Tomografía Axial Computarizada (TAC), que pueda ser utilizada para identificar estructuras anatómicas específicas, que se integre al módulo de reconstrucción tridimensional perteneciente a la solución alas PACS.

2. CONTENIDO

2.1. Materiales y Métodos

2.1.1. Métodos

En el presente trabajo los autores siguieron la estrategia de investigación descriptiva, dondesu principal objetivo es implementar una librería de segmentación de imágenes médicas para determinar estructuras anatómicas específicas, para integrarla posteriormente al módulo de reconstrucción 3D perteneciente al sistema alas PACS.

Se usaron métodos teóricos, lo que permitió estudiar las características para realizar el desarrollo de librerías para la segmentación de imágenes médicas y la identificación de estructuras anatómicas específicas en espacios bidimensionales y tridimensionales. A través del análisis de estas características del objeto de estudio, y luego haber sintetizado ese conocimiento, se pudo arribar al estudio de casos particulares de la segmentación de las diferentes estructuras anatómicas dado por las características específicas de estas en las imágenes médicas.

Para realizar la reproducción teórica del objeto de estudio se hace preciso comprenderlo desde su desarrollo, por lo cual se hizo un estudio de la evolución histórica de la segmentación de estructuras anatómicas.

Dadas las características de dicho objeto se emplearon algunos métodos de tipo lógicos. Dentro de la segmentación de imágenes médicas para obtener estructuras anatómicas se determinó que, aunque es importante la forma en la que se realizan los diferentes algoritmos, lo más importante y constituye el núcleo de investigación, son los valores Hounsfield que toman los píxeles en dichas imágenes. Sin embargo se está en presencia de un procedimiento que depende de otros para la obtención de mejores resultados; en este caso solamente aplicar la segmentación de una imagen no es suficiente, es necesario aplicar algunos filtros y transformaciones primero, por tanto el proceso de extracción de estructuras anatómicas se debe ver como un sistema de algoritmos que interactúan.

En cuanto a los métodos empíricos, se puede decir que se pusieron igualmente de manifiesto. En el caso del objeto estudiado, cada estructura anatómica tiene un valor representativo, en intervalo, dentro de la información que brinda la imagen, por lo cual se hace preciso medir dichos intervalos de

¹Escala de Hounsfield: Escala cuantitativa utilizada para describir los valores de radiodensidad de los tejidos en los estudios de TAC.

valores con el objetivo de determinar estructuras específicas.

Por último el método experimental es muy poderoso en el sentido de probar, con resultados palpables, las funcionalidades desarrolladas para resolver el objeto de estudio. En el caso de esta investigación se prueban varias series de estudios médicos, para obtener los diferentes resultados al aplicarle varios filtros que tributan a la clasificación de las diferentes estructuras anatómicas.

2.1.2. *Librerías utilizadas*

Para el desarrollo de la librería de segmentación se decidió utilizar algunos algoritmos de las librerías ITK y para acceder a ellas se usaron las librerías ManagedITK, y las Calib para la lectura, procesamiento y visualización

ITK: Son un conjunto de herramientas y rutinas para llevar a cabo el registro y posteriormente la segmentación, principalmente de imágenes médicas. El registro es la tarea que se lleva a cabo para alinear o desarrollar la correspondencia entre los datos obtenidos. Por ejemplo en un entorno médico al obtener la información de un estudio TAC, a partir de un tomógrafo, esta debe ser alineada con la obtenida a partir del estudio de RMN para combinar la información contenida en ambos. Las librerías ITK están implementadas en C++ y soportan múltiples plataformas incluyendo Windows, Unix y MacOS. Estas bibliotecas están organizadas en una arquitectura de flujos de datos y consisten en una plataforma cruzada que usa el entorno de desarrollo, conocido como CMake² para administrar el proceso de compilación en forma de plataforma independiente. Adicionalmente un proceso para hacer wrappers³ automatizados, conocido como Cable⁴, genera interfaces

²Cmake: Cross platformmake – conjunto de herramientas diseñadas para construir, probar y empaquetar software.

³Wrapper: Permite convertir la interfaz de una clase en otra interfaz que el cliente espera. Un wrapper permite a las clases trabajar juntas, lo que de otra manera no podría hacerse debido a sus interfaces incompatibles.

⁴ Cable: Cable AutomatesBindingsforLanguageExtension: – Cable

entre C++ y otros lenguajes de programación interpretados como Tcl, Java y Python. [2]

ManagedITK son un proyecto en el que se generan wrappers para las herramientas y rutinas de ITK para lograr la compatibilidad con lenguajes pertenecientes al CLR⁵ de la plataforma .NET. Estas se extienden más exactamente de las WrapITK pero con la diferencia de que es un sistema separado que no usa CableSWIG⁶ ni SWIG⁷. Los wrappers generados se crean de forma semi-automática y la medida para producir un conjunto de clases manejadas con los métodos, las propiedades y los eventos bien definidos. [2]

Calib: El framework CALIB, permite agrupar los procesos de lectura, procesamiento y visualización de los formatos DICOM, ANALYZE 7.5, NifTI en un único formato. Permite a los sistemas operacionales de procesamiento y análisis de imágenes médicas, acceder de manera uniforme a todos los formatos anteriormente mencionados abstrayéndose a una serie de pasos demasiado engorrosos. Tiene en cuenta además los algoritmos de comprensión de imágenes que puede tener cada formato de imágenes durante el proceso de visualización. [3]

2.1.3. *Modelo arquitectónico*

Para el desarrollo del trabajo se analizaron diversos diseños arquitectónicos para determinar el más factible. Teniendo en cuenta que la librería requiere de un procesamiento amplio de flujos de datos, se valora como diseño arquitectónico más idóneo el basado en tuberías y filtros (Pipelines and Filters). No obstante la biblioteca desarrollada usa varios algoritmos de las librerías ITK las cuales cumplen con el citado patrón de funcionamiento. Debido a

para automatizar la colaboración para la expansión de lenguaje

⁵ CLR (CommonLanguageRuntime o Lenguaje común en tiempo de ejecución): Es el componente de máquina virtual de la plataforma .Net de Microsoft.

⁶CableSWIG: La unión de la definición de Cable y la de Swig

⁷ SWIG: SimplifiedWrapper and Interface Generator – Generador de envolturas simplificadas e interfaces

esto se propone un sistema con una organización sencilla sin mucha complejidad en la comunicación hacia las funcionalidades que brinda, con el objetivo de evitar una organización que pueda comprometer el funcionamiento y rendimiento de los algoritmos.

El patrón arquitectónico tuberías y filtros provee una estructura para sistemas que procesan un flujo de datos. Cada paso de procesamiento es encapsulado en un componente de filtrado. Los datos son pasados a través de las tuberías entre los filtros adyacentes. La recombinación de filtros permite la construcción de familias de sistemas relacionados. [4]

2.1.4. Implementación

En cuanto al proceso de implementación se tuvieron en cuenta diversos aspectos en sentido general. Para la interacción con los diferentes objetos obtenidos a partir de la visualización y los generados en el procesamiento, fue necesario crear métodos que realizaran el proceso. Se implementó la conversión entre la representación de las imágenes en formato VTK e ITK para lograr una correcta interpretación de la información y representarla en un tipo de objeto u otro indistintamente.

Debido a los diferentes requerimientos de datos en el procesamiento, se hizo necesario además crear funcionalidades que a partir del volumen de datos extrajeran las imágenes correspondientes a los diferentes cortes para la visualización (axial, coronal y sagital) e interacción para la aplicación de los diferentes filtros y operaciones. Con esta interacción directa con el volumen se logra además ahorro en el consumo de memoria que puede darse al duplicar objetos de tamaño considerable.

En general se proveen algoritmos que facilitan el procesamiento en 2 y 3 dimensiones. No obstante, se brinda la facilidad de aplicar el procesamiento a uno u otro plano indistintamente, con el objetivo de minimizar el consumo de memoria momentáneo que se evidencia al aplicar filtros sobre volúmenes completos. Con esto se proveen mecanismos o alternativas para que los diferentes algoritmos puedan ser

aplicados en entornos con mayores o menores prestaciones.

Como producto de la investigación no solo se obtuvo un conjunto de algoritmos para el procesamiento de imágenes médicas sino también la metodología de su empleo. Para llevar a cabo esta tarea se precisa contar con los algoritmos indicados y aplicarlos en momentos específicos, con distintos requerimientos en dependencia del área tratada. Como uno de los principales aspectos a resaltar están los resultados obtenidos en filtros de segmentación sobre volúmenes, los que están condicionados por la calidad de los pasos anteriores a la segmentación, tales como la adquisición de las imágenes y el preprocesamiento del volumen. Para ello se realizó un estudio y una serie de pruebas en las que se verifican las ventajas de usar unos algoritmos u otros y el orden en que se aplican.

Para la construcción del sistema se utilizaron las siguientes herramientas, metodologías y notaciones:

- Entorno de desarrollo integrado (IDE) Microsoft Visual Studio 2010.
- Cliente de SubversionTortoise SVN para el control de versiones.
- Herramienta de modelado Enterprise Architect en su versión 7.5.
- RationalUnifiedProcess como metodología de desarrollo.
- Lenguaje Unificado de Modelado (UML) en su versión 2.1.
- CMMI como modelo de calidad debido a la certificación del centro de desarrollo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

El problema de la segmentación ha sido ampliamente estudiado y desarrollado en los últimos años. Se han creado numerosas técnicas para llevar a cabo esta tarea e igualmente se han desarrollado varias alternativas dentro de cada técnica, obteniéndose resultados alentadores. No obstante, el proceso de pruebas de los métodos elaborados no ha sido muy ampliamente desarrollado. Es necesario aclarar que probar la eficacia de la segmentación de estructuras anatómicas en

imágenes médicas bidimensionales es un proceso complejo en el que se precisa la mayor exactitud posible; volviéndose un proceso más complicado cuando se intentan realizar las mismas pruebas en volúmenes médicos.

Para calcular la eficiencia de un algoritmo de segmentación se debe conocer además información sobre la tarea final en la que va a ser empleado, esto puede dar una idea sobre si la efectividad lograda es más o menos positiva. En este sentido no repercute igual el rendimiento de un algoritmo que sea utilizado para diagnóstico como uno que vaya a ser usado con el fin de realizar intervenciones quirúrgicas. Al tomar en cuenta este tipo de condicionante para medir el desempeño de los diferentes métodos, puede variar de manera significativa el resultado del proceso valorativo y comparativo. No obstante independientemente de la tarea a ser realizada, si en esta utiliza segmentación de imágenes, existe el consenso sobre la utilización de tres tipos de métricas a evaluar: precisión, estabilidad y eficiencia.

La precisión de una técnica de segmentación se refiere al grado en el que los resultados de la segmentación coinciden con la segmentación verdadera. Hay situaciones en las que la segmentación verdadera es conocida, y otras, como por ejemplo las que tratan con imágenes de pacientes o modelos para la investigación con animales, en las que la segmentación verdadera no se conoce. En dichas situaciones la segmentación verdadera se sustituye por una segmentación manual realizada por un experto, o realizada con otra técnica de imagen, o usando un algoritmo de segmentación del cual se conoce que produce resultados precisos. Dentro de este tipo de métrica se encuentran: las basadas en distancia, basadas en área o volumen y las que evalúan el desempeño de un conjunto completo de imágenes. [5]

En el caso de la estabilidad de un algoritmo se mide respecto a la repetitividad de la técnica usada sobre un tipo particular de modalidad de imagen. No obstante pueden encontrarse factores causantes de variabilidad en el funcionamiento de los algoritmos, dados por: las interacciones indirectas del algoritmo con los usuarios, este es el caso de la elección de un punto inicial, selección de un objeto u otras interacciones incluso con los objetos preseleccionados.

Para la evaluación final de los algoritmos se debe determinar la métrica más idónea cuando se aplica a un conjunto de imágenes, además se deben efectuar mediciones usando el algoritmo en cuestión y como complemento mediciones manuales continuas. Con esto se pretende determinar cómo varían los resultados de la aplicación de las técnicas usadas en determinado tipo de imágenes.

La eficiencia de la segmentación da idea del uso práctico del algoritmo. Es frecuente que se mida la eficiencia a través del tiempo de segmentación. Sin embargo, la eficiencia debería incluir la cuantificación de todos los aspectos de la interacción con el usuario así como valorar que la técnica de segmentación sea apropiada o no para todas las imágenes. En consecuencia, además del tiempo de ejecución del algoritmo de segmentación, deben considerarse los tiempos de inicialización, edición e inspección para ser documentados también, junto con la tasa de error. [5]

Para evaluar los diferentes algoritmos, en este trabajo se miden los resultados obtenidos al aplicarlos teniendo en cuenta los criterios de: tiempo de espera (puede ser referido también como eficiencia y se refiere al tiempo que demora en ejecutarse el proceso de segmentación), estabilidad (se define como el nivel de similitud en los resultados obtenidos utilizando un algoritmo en diferentes escenarios para la búsqueda de una misma estructura) y eficacia (se define como la capacidad de lograr la segmentación de una estructura deseada).

Para realizar las diferentes pruebas se utilizó una computadora con las siguientes características:

Tabla I: Características computadora usada para realizar las pruebas.

| | |
|-------------------|--------------------------------------|
| CPU | Intel Core™ 2 Duo T7500, 2200 MHz |
| RAM | 4Gb |
| Sistema Operativo | Microsoft Windows 7 Ultimate 32 bits |

En el caso del algoritmo Thresholding arrojó los mejores resultados al segmentar los pulmones y los huesos. Se pueden observar

los ejemplos en las figuras 1 y 2 respectivamente.

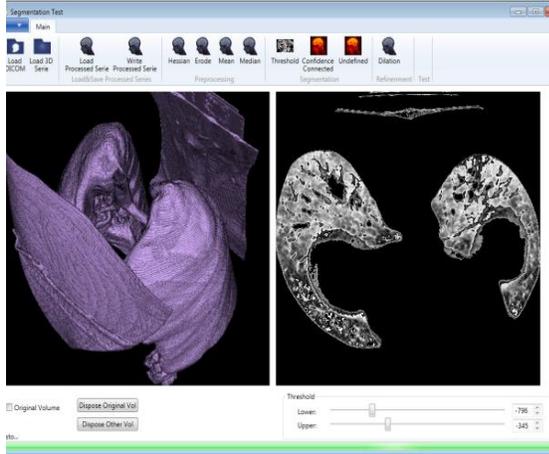


Figura. 1: Segmentación de pulmones usando Thresholding

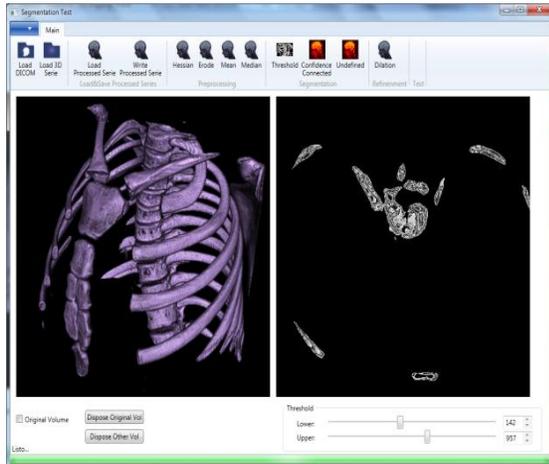


Figura.2: Segmentación de huesos usando Thresholding

EL algoritmo con Confidence Connected arrojó los mejores resultados al segmentar los pulmones, como se puede observar en la figura 3.

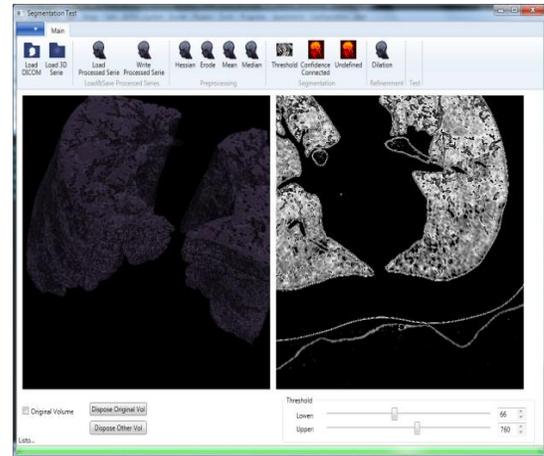


Figura.3: Segmentación de pulmones usando Confidence Connected

La combinación de los algoritmos Thresholding y Confident Connected fue la que mejores resultados arrojó al segmentar los pulmones y el cerebro, como se muestra en las figuras 4 y 5 respectivamente.

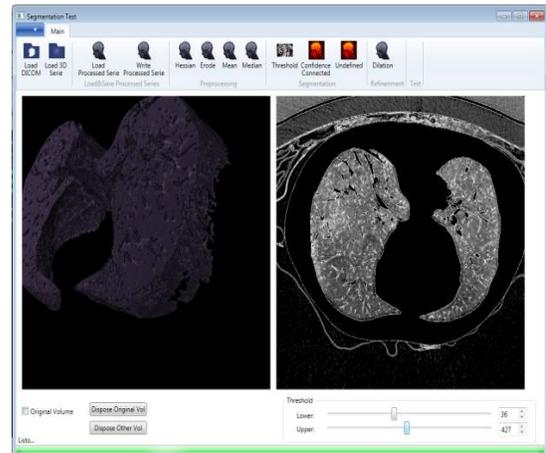


Figura.4: Segmentación de pulmones usando Thresholding y Confident Connected



Figura.5: Segmentación de cerebro usando Thresholding y Confident Connected

Los diferentes estudios de imágenes fueron obtenidos de las bases oficiales para pruebas de Osirix, y fueron cargados usando el componente de software que se desarrolló en este trabajo apoyándose del framework Calib para la lectura y procesamiento inicial de las imágenes. Se usaron las librerías ITK como apoyo para el preprocesamiento y segmentación de las imágenes y series de imágenes médicas. Se usó VTK como librerías de visualización tanto de imágenes bidimensionales como tridimensionales.

Mediante las pruebas realizadas a los algoritmos se obtienen buenos resultados dando una idea de la eficiencia y eficacia de los dos tipos de algoritmos utilizados. Además se puede observar la necesidad de ajustar los parámetros para cada uno de los algoritmos, dado por la diferencia de valores en los píxeles de las imágenes de los diferentes estudios, aun siendo de la misma región anatómica.

Se aplicaron los algoritmos por separado obteniendo, en algunos casos, buenos resultados aunque no específicamente los esperados pero sí muy semejantes. En otros casos se obtuvieron resultados muy alejados de los esperados por lo que se llega a la conclusión de que para obtener buenos resultados en la extracción de segmentos específicos, es preciso combinar diferentes métodos de preprocesamiento y de segmentación.

4. CONCLUSIONES

- Se obtuvo una biblioteca de clases, que funciona como interfaz para brindar al usuario un fácil y rápido acceso a un conjunto de algoritmos implementados en las librerías ITK para apoyar el procesamiento.
- Se implementaron algunos algoritmos para la conversión e interacción entre los diferentes formatos que se manipulan como: DICOM, Bitmap y otros pertenecientes a las librerías ITK y VTK.
- Se crearon varias funcionalidades para obtener imágenes bidimensionales en diferentes cortes a partir del volumen de datos creado, así como otros métodos para la interacción con esos cortes.
- Se brindan funciones de lectura, preprocesamiento, segmentación y refinamiento; así como la combinación eficaz de algunos de los algoritmos usados para obtener mejores resultados en la identificación y clasificación de estructuras.

Su utilización incrementará las prestaciones y funcionalidades del módulo de reconstrucción 3D perteneciente al sistema alas PACS.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Font Hernández, A. y Gómez Suárez, Y.: "Alas PACS Client. Sistema para la gestión de estudios imagenológicos", Tesis de ingeniería, Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, 2008.
2. Ibáñez, L.; Will, S. y Ng, L.: The ITK Software Guide, Ed. Insight Software Consortium, 2005.
3. Sánchez Diéguez, M y Vallés Gáme, A. E.: "Framework CALIB. Procesos de lectura y procesamiento", Tesis de ingeniería, Universidad de las Ciencias informáticas, La Habana, 2010.
4. Buschmann, F.; Meunier, R ; Rohnert, H; Sommerlad, P and Stal, M.: Pattern-Oriented Software Architecture: A System Of Patterns, Ed. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, England, 1996.

5. Panduro Cívico, J.: "Estudio comparativo de algoritmos en ITK para la segmentación de imágenes médicas", Tesis de ingeniería, Escuela Superior de Ingenieros- Universidad de Sevilla, 2009, España.

6. SINTESIS CURRICULAR

Alejandro Luis Ortega Díaz, La Habana 26 de julio de 1987. Vive en Boyeros, La Habana, Cuba. Graduado de técnico medio en Informática en el año

2006, en el Instituto Politécnico Fernando Aguado y Rico. Posteriormente graduado de Ingeniero en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas en el año 2012. Actualmente trabaja como desarrollador del Departamento de Gestión Hospitalaria del centro de desarrollo CESIM en la Universidad de las Ciencias Informáticas. Es un desarrollador que se especializa en soluciones médicas imagenológicas. Sus líneas de trabajo se centran en tecnologías web, aplicaciones para la informática médica y la gestión hospitalaria. Correo electrónico: alortega@uci.cu