

DcmView4j: una plataforma para procesamiento y visualización de imágenes médicas

Arguiñarena E.¹, del Fresno M.^{1,2}, Escobar P.³, Massa J.⁴, Santiago M.^{5,6}

¹PLADEMA, Facultad de Ciencias Exactas, UNICEN, Tandil, Argentina; ²Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC-PBA); ³INTELYMEC, Facultad de Ingeniería, UNICEN, Olavarría, Argentina; ⁴INTIA, Facultad de Ciencias Exactas, UNICEN, Tandil, Argentina; ⁵IFAS, Facultad de Ciencias Exactas, UNICEN, Tandil, Argentina y ⁶ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Resumen

La utilización de algoritmos desarrollados para la asistencia al diagnóstico por imágenes médicas dentro del sistema de salud muchas veces se ve limitada por la falta de un entorno de ejecución fuertemente orientado a la aplicación clínica. En este contexto, se presenta el desarrollo de una plataforma extensible para consulta y visualización de imágenes médicas, especialmente en formato DICOM. La misma brinda, por un lado, un entorno de trabajo orientado a usuarios con formación médica y, por el otro, un conjunto de servicios para que los desarrolladores puedan incorporar fácilmente nuevos procesamientos y algoritmos. La aplicación ofrece además comunicación con repositorios de imágenes médicas, permite trabajar con diferentes archivos de almacenamiento y visualizar convenientemente las imágenes provenientes de distintas modalidades médicas.

Palabras clave

Imágenes Digitales, DICOM. Procesamiento y visualización

1 Introducción

La incorporación de nuevas tecnologías en el ámbito de la medicina ha producido impactos positivos en las diferentes áreas de los centros hospitalarios. Entre otras cosas esto se debe a la variedad de equipamientos y sistemas que permiten mejorar la disponibilidad y el acceso a los registros médicos de los pacientes, la realización de estudios de diferente complejidad y especificidad, la realización de diagnósticos asis-

tidos por computadora y la planificación de terapias complejas. Estas nuevas tecnologías permiten realizar, simplificar y mejorar muchas de las tareas que los profesionales de la salud requieren llevar a cabo diariamente y surgen como producto de intensas investigaciones de diferentes áreas de la ciencia con aplicación en la medicina.

A lo largo de los años, la investigación y desarrollo aplicado a la informática médica ha generado un amplio abanico de sistemas que facilitan el manejo de los registros médicos de pacientes, diagnósticos e imágenes que son utilizados tanto en grandes hospitales como en pequeños centros de salud, institutos y consultorios. Conforme se incrementó el desarrollo de estos sistemas surgió la necesidad de interconectar las diferentes aplicaciones y sistemas propuestos por distintos fabricantes, para lo cual se definieron diferentes estándares. DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) [1], es el estándar definido para el campo de aplicación de informática de imágenes y para el manejo de imágenes médicas.

Dentro del campo de informática de imágenes se puede destacar la gran producción científica y el desarrollo de aplicaciones para el diagnóstico asistido por computadoras o CADs (Computer Aided Diagnosis) [2]. Desafortunadamente, es habitual que muchos de estos avances finalicen en la etapa de investigación, ya que su evaluación e implementación en el sistema de salud suelen verse obstaculizados por una serie de problemas, entre los que se pueden mencionar los asociados a la parcialidad y especificidad de herramientas o algoritmos desarrollados, a la no disponibilidad de un entorno de usuario adecuado para la aplicación clínica o a que estos no tienen la capacidad de conectarse a un PACS (Picture Archiving and Communication System) [3]. A nivel comercial existen algunos entornos de trabajo extensibles solo abiertos a los desarrollos de la propia empresa. También existen algunos entornos de trabajo de código abierto que, en general, no llegan a utilizarse en la práctica médica por poseer ciertas deficiencias en cuanto a la interfase con el usuario, la capacidad de conexión con los equipamientos y servidores existentes en los ámbitos de salud.

La visualización de imágenes médicas requiere una consistencia independiente del soporte en que esta es mostrada. Esto es, por ejemplo, que una imagen en soporte film visualizada en un negatoscopio debe ser igual a que sea visualizada en un monitor de grado médico [4]. Para esto, el estándar DICOM, especifica sin ambigüedades el proceso que debe realizar una aplicación para mostrar una imagen médica digital de

forma correcta. A este proceso se lo llama *GrayScale Softcopy Presentation State* y explica en detalle el *pipeline*¹ que debe aplicarse a una imagen *raw*² con el fin de que la misma sea visualizada de forma fiel y consistente en cualquier soporte de visualización.

Extensibilidad y flexibilidad son dos características consideradas centrales para el desarrollo de la aplicación presentada en este trabajo. Una arquitectura que ofrece este tipo de características es la basada en el concepto de *plugins*, en el cual los componentes pueden conectarse fácilmente a la aplicación para proveer características o funcionalidades adicionales solo cuando estas son necesarias. Existe diversidad de implementaciones de esta técnica, como MagicBean [5], Lightweight [6], Equinox [7], entre otras.

De la gran variedad de aplicaciones relevadas para el desarrollo de este trabajo, se pueden destacar:

Cosí'c [12] presentó el diseño de una arquitectura extensible de una estación de trabajo que permite el procesamiento de imágenes médicas digitales y su visualización en tridimensional (3D). Fue desarrollada en Java v1.1 con soporte multiplataforma.

ImageJ [13], es una de las aplicaciones *open source* más reconocidas de procesamiento de imágenes digitales. Ofrece un conjunto de herramientas para visualización y manipulación interactiva de imágenes. Permite la incorporación de nuevos componentes de software. Está desarrollado en Java y puede ser ejecutado en diferentes plataformas sin requerir modificaciones.

Osirix [14] es un software *open source* que permite visualizar grandes conjuntos de imágenes DICOM multidimensionales. Esta desarrollado en Objective-C y se ejecuta en el sistema operativo MacOS X. Permite visualizar de forma rápida y optimizada gráficos 3D utilizando las librerías estándar de OpenGL. Para el procesamiento y renderización de las imágenes utiliza las librerías ITK [15] y VTK [16].

ClearCanvas Workstation [17], es una aplicación *open source* con licencia dual, libre y comercial. Está desarrollado en .Net y utiliza un framework para desarrollo de aplicaciones extensibles. Es una aplicación utilizada tanto para uso a nivel clínico como para investigación.

Basados en esta problemática, en este trabajo se plantea un desarrollo que pretende acercar los avances de investigación en el área de infor-

¹ Conjunto ordenado de transformaciones y procesamientos.

² Imagen sin alterar.

mática de imágenes y CADs al sistema de salud mediante la construcción de una aplicación que, por un lado brinde facilidades incorporar nuevos algoritmos y procesamientos, y por otro lado brinde un entorno de usuario simple e intuitivo, con herramientas básicas y orientado a profesionales de la salud.

2 Elementos del Trabajo y metodología

Para la implementación de la herramienta denominada DcmView4j se han evaluado diferentes aspectos tales como lenguajes de programación, librerías para el desarrollo de interfaces, librerías para interactuar con objetos DICOM, librerías para persistir datos, librerías generar e interactuar con gráficos 3D.

La aplicación ha sido desarrollada en Java 6 EE, debido a que este lenguaje brinda programación orientada a objetos, manejo de memoria

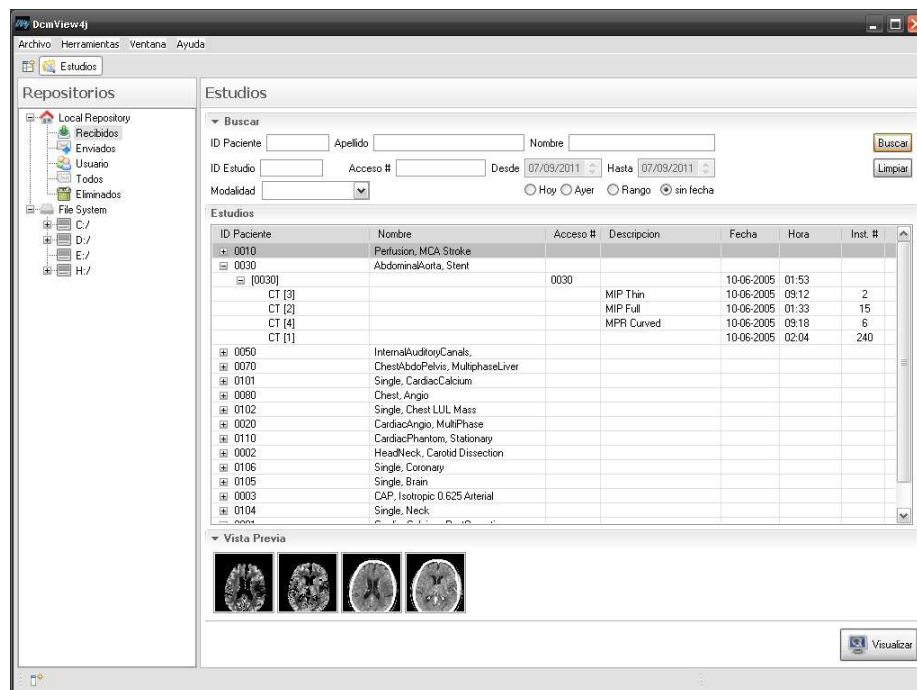


Fig. 1. Perspectiva de Repositorio de Estudios

y programación *multi thread*. Además la plataforma de ejecución ofrece

una API (*Application Programming Interface*) estándar, portabilidad a diferentes sistemas operativos y arquitecturas, entre otros. [18].

El modelo de datos se ha implementado sobre objetos persistentes, utilizando la biblioteca EclipseLink [19] para el mapeo de objetos a bases relacionales. También se utilizó la base de datos Apache Derby [20] que ofrece los modos de ejecución servidor y embebido, que son utilizados en desarrollo y producción respectivamente.

Dentro de los toolkits disponibles en Java con soporte para la consulta, transmisión, lectura/escritura e intercambio de imágenes/objetos DICOM se ha utilizado Dcm4Che2 debido a la madurez del proyecto, el número de aplicaciones que lo utilizan en el ámbito clínico [21], la continua expansión y actualización del toolkit y el importante grupo de desarrolladores que dan soporte al proyecto y brindan su continuidad en el tiempo.

AWT (*Abstract Windowing Toolkit*) y SWT (*Standard Widget Toolkit*) [22], son los toolkit gráficos más eficientes y estables disponibles en Java. En el desarrollo de DcmView4j, se ha utilizado AWT, en lo referente al procesamiento, transformación y visualización de imágenes y SWT para la creación y manipulación de diálogos y ventanas, de modo de utilizar las mejores características de cada uno.

Se ha utilizado además el toolkit JOGL [23] para gráficos 3D, que brinda primitivas que acceden directamente al hardware de procesamiento gráfico, permitiendo por consiguiente muy buena performance de ejecución. Entre otros similares, fue elegido a causa de su performance, flexibilidad, grado de madurez y robustez. En futuras ampliaciones de la aplicación, se pretende la incorporación de librerías 3D gráficas de alto nivel.

La aplicación se desarrolló utilizando Equinox que es la implementación de Eclipse de la especificación OSGi [24]. En donde, un componente puede conectarse a otro/s por medio de una *extensión* y a su vez, puede ofrecer puntos de conexión a otros componentes definiendo un *punto de extensión*. En base a la información definida dentro de los puntos de extensión y las extensiones de los mismos, el sistema de plugins determina en tiempo de ejecución las clases que deben permanecer cargadas en la máquina virtual y de esta forma optimizar los recursos de la estación de trabajo.

3 Resultados

Como se mencionó, en este trabajo se presenta una aplicación para la consulta, visualización y procesamiento de imágenes médicas digitales llamada DcmView4j. La misma, se diseñó con una interfaz orientada a la aplicación clínica y con una arquitectura de software basada en componentes extensibles. Esto es, que ofrece una interfaz de usuario orientada a la consulta de estudios y pacientes, y por otro lado ofrece estas imágenes a componentes para que puedan ser procesadas, analizadas y así brindar nuevas herramientas para asistir en el diagnóstico.

La interfaz visual está compuesta por tres *perspectivas* (pantallas): *Perspectiva de Repositorio de Estudios* ver Fig. 1, *Perspectiva Visor 2D* ver Fig.2, y *Perspectiva Visor 3D* ver Fig. 3, las cuales están conformadas por una o más *vistas*.

La arquitectura de componentes extensible ofrece los *puntos de extensión*: *Repository extension*, *ReadFileType*, *Image to Image Processing*, *Stack Image to ROIs*, *ROIs to 3D Mesh*, los cuales pueden ser extendidos por nuevos complementos para incorporar nueva funcionalidad.

DcmView4j provee un repositorio de estudios local, en el cual se almacenan los estudios provenientes de la importación directa de archivos DICOM, por medio de la herramienta *Importar Archivos DICOM*, la consulta a servidores PACS utilizando el protocolo DIMSE especificado en el estándar DICOM o la conversión de archivos de imágenes a estudios utilizando la herramienta *Convertir e importar estudios*.

3.1 Perspectiva de Repositorio de estudios

Esta perspectiva está compuesta por dos vistas vinculadas, las cuales permiten de forma dinámica consultar los diferentes repositorios configurados en la aplicación, ver Fig. 1. Mediante la vista de *árbol de repositorios* (a la izquierda), el usuario puede consultar los diferentes repositorios de estudios disponibles y luego mediante la vista de *listado de estudios* (a la derecha), seleccionar el estudio a mostrar.

Desde esta perspectiva, es posible utilizar la herramienta *Importar Archivos DICOM* que permite incorporar de forma recursiva todos los estudios almacenados en el directorio señalado por la interfaz de usuario.

También se puede ejecutar desde esta perspectiva la herramienta *Convertir e importar estudios*, que permite generar estudios en formato DICOM en base a imágenes almacenadas en archivos de formatos no-DICOM. Para facilitar la generación de los estudios se ha desarrollado un asistente, en el cual mediante un conjunto de diálogos simples se permite seleccionar el tipo de archivo origen, los archivos a importar, los datos del paciente, estudio, equipo e institución. Estos últimos datos pueden ser incorporados manualmente, de un servidor WorkList³ o de los valores predeterminados de la aplicación.

3.2 Vista 2D.

En esta perspectiva se muestran las series de imágenes seleccionadas en la perspectiva de Repositorio de Estudios. Esta vista contempla la

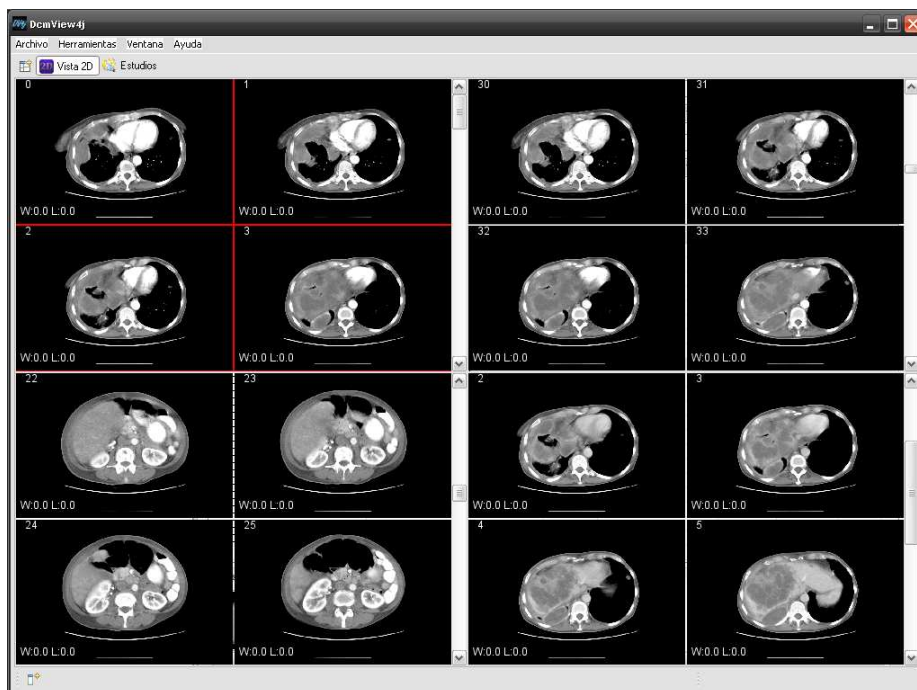


Fig. 2. Visualización de un estudio multidimensional

visualización de las imágenes contenidas en diferentes series las cuales pueden corresponder a diferentes estudios y pacientes.

³ Servidor de listas de trabajo

El desarrollo de la vista donde se muestran las imágenes, se realizó acorde a lo especificado en *GrayScale Softcopy Presentation State* del estándar DICOM. Para mejorar la performance de la aplicación durante la visualización de estudios de gran extensión, se han incorporado algunas optimizaciones. Se puede destacar la utilización de threads para la carga y procesamiento de las imágenes y la reutilización de objetos relacionados con la visualización e interacción con el usuario.

Mediante el menú de esta perspectiva, el usuario puede acceder a los diferentes procesamientos y herramientas disponibles par el tipo de estudio visualizado

3.3 Vista 3D

Esta perspectiva permite mostrar y navegar objetos y escenarios tridimensionales generados mediante la aplicación de procesamientos y utilizando las imágenes seleccionadas en la Perspectiva Vista 2D. Es en esta perspectiva donde se puede visualizar mallas de superficie generadas como resultado de un proceso de segmentación aplicado sobre imágenes volumétricas.

3.4 Puntos de Extensión

Repository extension.

Mediante este punto de extensión se pueden incorporar plugins que implementen conexión a nuevos repositorios de imágenes. Estos nuevos repositorios pueden ser de dos tipos básicos: repositorio de estudios y repositorio de archivos. Los primeros, basados en estudios permiten realizar búsquedas en base a campos como nombre de paciente, identificación de estudio, fecha de estudio, modalidad, etc. El segundo tipo esta basado en archivos en donde solo se pueden realizar búsquedas en base a nombres de archivos y estructuras de directorios.

ReadFileType.

Este punto de extensión permite dar soporte a nuevos tipos de estudios e imágenes. La implementación requiere leer e interpretar los nuevos tipos de archivos y luego su almacenamiento en memoria utilizando el objeto *BufferedImage* de las API de Java. Luego mediante la herramienta de *Convertir e importar estudios* la aplicación podrá generar estudios DICOM en base al nuevo tipo de archivo incorporado.

Image to Image Processing.

Mediante este punto de extensión, se pueden incorporar nuevos procesamientos de imágenes que den como resultado una nueva imagen. Los filtros pueden tener como entrada una imagen o un conjunto de imágenes, según sean las necesidades del algoritmo. En aquellos procesamientos que solo se requiera una imagen de entrada, la aplicación podrá aplicarlo independientemente a una o un conjunto de imágenes. Se utiliza el objeto `BufferedImage` del API de Java para representar la imagen en memoria.

Stack Image to ROIs.

Este punto de extensión se puede utilizar cuando procesamientos requieran la salida una región de interés. Típicamente estos se utilizan para el desarrollo de algoritmos de segmentación de imágenes.

ROIs to 3D Mesh

Mediante la implementación de este punto de extensión, se podrá incorporar algoritmos que en base a un conjunto de regiones indicadas en un conjunto de imágenes, generen mallas de objetos tridimensionales que luego serán visualizados en la *Vista 3D*. Como se dijo en la sección anterior para la representación de objetos en memoria se utilizan las primitivas de OpenGL.

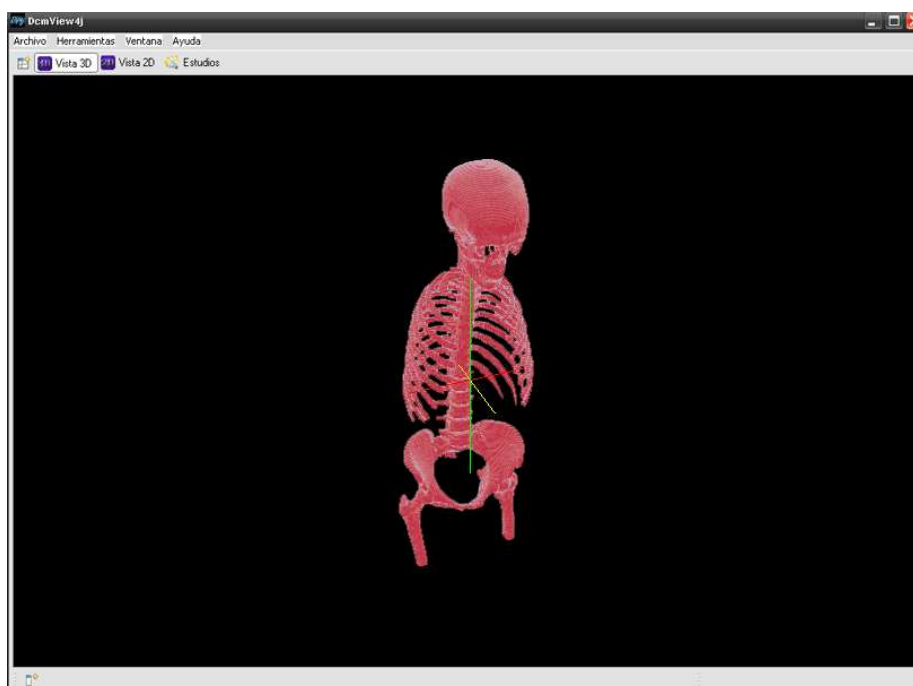


Fig. 3. Visualización 3D de cerebro generado a partir de la segmentación de una tomografía

4 Discusión

En el presente trabajo se muestra el desarrollo de una aplicación que ofrece un conjunto de facilidades para consultar, visualizar y procesar imágenes médicas, que además, brinda un sistema de extensión que simplifica la incorporación de nuevos algoritmos y procesamientos. También ofrece comunicación con repositorios de imágenes médicas, permite trabajar con diferentes formatos de almacenamiento y visualizar convenientemente imágenes provenientes de distintas modalidades médicas multidimensionales.

ImageJ es la aplicación más utilizada en el campo de la investigación de imágenes digitales, pero su uso en ambientes clínicos es muy reducido. Su principal falencia es que adolece de una interfaz de usuario que simplifique el acceso a los PACS, donde su uso se orienta al manejo de estudios de pacientes. Si bien existen algunas extensiones que dan soporte a tipos de archivo DICOM y permiten su conexión con PACS, éstos son muy rudimentarios y complejos al momento de ser utilizados por usuarios no expertos.

Cosí'c por su parte, presentó el diseño de una arquitectura extensible de una estación de trabajo que permite el procesamiento de imágenes médicas focalizado en la visualización de imágenes 2D y superficies 3D y permite la portabilidad a otras plataformas de hardware. Sin embargo, este sistema no ha madurado lo suficiente y lamentablemente dejó de ser mantenido. Tanto la versión del lenguaje de programación utilizado como las técnicas de extensión han quedado obsoletas.

Osirix es la aplicación más utilizada en el campo clínico. Sus principales inconvenientes son que solamente se puede utilizar en plataformas Macintosh y que el sistema de extensión es rudimentario y poco flexible.

Clear Canvas es la estación de trabajo más moderna en el campo de imágenes médicas. Posee una interfaz de usuario orientada a la práctica médica y permite la conexión a sistemas PACS. Ofrece un sistema de plugins para incorporar nuevos componentes visuales. Lamentablemente, no hay plugins que permitan procesar las imágenes directamente, sino que es necesario obtenerla mediante diferentes servicios de la plataforma.

Existe cierta variedad de aplicaciones o entornos de trabajo para visualizar imágenes medicas en formato DICOM, que permiten: aplicar procesamientos sobre las imágenes, obtener imágenes de PACS, incorporar nuevos procesamientos, contienen interfaces de usuario orientadas a la aplicación clínica. Pero, como se mostró ninguna de estas posee todas estas características juntas.

5 Conclusiones

Este trabajo permitió acercar la investigación básica y la investigación aplicada en el campo de *informática de imágenes*, desde el punto de vista de los desarrolladores y del usuario final.

La aplicación, denominada *DcmView4j*, proporcionó bases significativas para el desarrollo, testeo e incorporación de nuevos procesamientos de imágenes médicas. Desde el punto de vista de los desarrolladores, se obtuvieron resultados preliminares satisfactorios que posibilitaron incorporar nuevas funcionalidades de forma ágil y simple.

DcmView4j provee un entorno de trabajo que simplifica y abstrae al desarrollador en la tarea de incorporar nuevos algoritmos, que podrán ser agregados a la aplicación de forma dinámica.

La herramienta para la conversión y creación de estudios DICOM a partir de imágenes no estandarizadas, permite incorporar también imágenes no-DICOM a la aplicación.

Desde el punto de vista del usuario final, la aplicación permite consultar y visualizar estudios y series de estudios mediante el visualizador 2D, desde el cual se pueden ejecutar diferentes procesamientos y algoritmos. Además, el visualizador 3D permite la visualización de objetos tridimensionales generados a partir del procesamiento de las series de imágenes.

El diseño de una interfaz de usuario simple e intuitiva optimiza el entorno del usuario y simplifica la capacitación de los profesionales de la salud en la utilización de la aplicación, facilitando la realización de pruebas de campo dentro de las instituciones hospitalarias, sin requerir de adaptaciones complejas o costosos entrenamientos.

6 Trabajos Futuros

Durante el análisis y desarrollo del presente trabajo, surgieron nuevas características y funcionalidades que serían de gran interés incorporar a futuro, como ser:

- la integración o compatibilización de los plugins desarrollados en ImageJ, para que puedan incorporarse de forma simple o automática a *DcmView4j*.
- la utilización de librerías 3D de alto nivel, que permitan a los desarrolladores no expertos generar objetos tridimensionales a partir de sus algoritmos de segmentación y mallado.
- la ampliación de los puntos de extensión que permitan incorporar procesamientos escritos en otros lenguajes, mediante la utilización de Java Native Interface –JNI–
- la incorporación de una vista de visualización multiplanar de estudios multicortes.
- soporte a procesamiento y visualización de estudios que contengan videos, sonidos o señales.
- soporte a procesamiento y visualización de estudios ECG.

Agradecimientos

El presente trabajo se llevó adelante en el marco del Proyecto PICT 2010 - 1287 “Procesamiento y segmentación de imágenes digitales tridimensionales para el desarrollo de aplicaciones médicas e industriales”. Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica - ANPCyT, Argentina.

Referencias

1. Gibaud B (2008) The DICOM Standard: A Brief Overview. In: Lemoigne Y, Caner A (eds) *Molecular Imaging: Computer Reconstruction and Practice*. NATO Science for Peace and Security Series B: Physics and Biophysics. Springer Netherlands, pp 229-238. doi:10.1007/978-1-4020-8752-3_13
2. Fujita H, You J, Li Q, Arimura H, Tanaka R, Sanada S, Niki N, Lee G, Hara T, Fukuoka D, Muramatsu C, Katafuchi T, Inuma G, Miyake M, Arai Y, Moriyama N (2010) State-of-the-Art of Computer-Aided Detection/Diagnosis (CAD) Medical Biometrics. In: Zhang D, Sonka M (eds), vol 6165. *Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin / Heidelberg, pp 296-305. doi:10.1007/978-3-642-13923-9_32

3. Duerinckx AJ, Harmon C, Crook M, Grant EG Integrating DICOM conformant imaging equipment with a PACS. In, 1998. pp 540-555
4. Eichelberg M, Riesmeier J, Kleber K, Holstein J, Oosterwijk H, Jensch P Consistency of softcopy and hardcopy: preliminary experiences with the new DICOM extensions for image display. In, 2000. p 57
5. Chatley R, Eisenbach S, Magee J (2004) MagicBeans: a Platform for Deploying Plugin Components. In: Emmerich W, Wolf A (eds) Component Deployment, vol 3083. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin / Heidelberg, pp 97-112. doi:10.1007/978-3-540-24848-4_7
6. Mayer J, Melzer I, Schweiggert F (2003) Lightweight Plug-In-Based Application Development. In: Aksit M, Mezini M, Unland R (eds) Objects, Components, Architectures, Services, and Applications for a Networked World, vol 2591. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin / Heidelberg, pp 87-102. doi:10.1007/3-540-36557-5_9
7. Dorninger B A process model runtime environment based on OSGi. In: Industrial Informatics, 2009. INDIN 2009. 7th IEEE International Conference on, 23-26 June 2009 2009. pp 898-904. doi:10.1109/indin.2009.5195922
8. Eichelberg M, Riesmeier J, Wilkens T, Hewett AJ, Barth A, Jensch P Ten years of medical imaging standardization and prototypical implementation: The DICOM standard and the OFFIS DICOM Toolkit (DCMTK). In, 2004. p 57
9. Gnant A (2011) openDICOM.NET. <http://opendicom.sourceforge.net/>. Accessed 5 de Septiembre 2011 2011
10. Clunie DD (2011) <http://www.pixelmed.com/>. <http://www.pixelmed.com/>. Accessed 5 de Septiembre de 2011 2011
11. Zeilinger G (2011) Open source clinical image and object management - Dcm4Chee. <http://www.dcm4che.org/>. Accessed 30 de Agosto de 2011 2011
12. Cosic D (1997) An open medical imaging workstation architecture for platform-independent 3-D medical image processing and visualization. IEEE transactions on information technology in biomedicine : a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society 1 (4):279-283
13. Rasband WS (1997) ImageJ, US National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. <http://rsbweb.nih.gov/ij/>. Accessed Agosto 2011
14. Rosset A, Spadola L, Ratib O (2004) OsiriX: an open-source software for navigating in multidimensional DICOM images. Journal of digital imaging : the official journal of the Society for Computer Applications in Radiology 17 (3):205-216. doi:10.1007/s10278-004-1014-6
15. Insight-Software-Consortium (2011) ITK - Insight Segmentation and Registration Toolkit. <http://www.itk.org/>. Accessed 13 de Septiembre de 2011 2011
16. Martin K, Schroeder W, Lorensen B (2011) VTK - The Visualization Toolkit. <http://www.vtk.org/>. Accessed 13 de Septiembre de 2011 2011
17. Oso-Healthcare-Inc., Bahia-Software-S.L. (2011) Clear Canvas. <http://www.clearcanvas.ca/>. Accessed 30 de Agosto de 2011 2011
18. Adl-Tabatabai AR, Cierniak M, Lueh GY, Parikh VM, Stichnoth JM (1998) Fast, effective code generation in a just-in-time Java compiler. ACM SIGPLAN Notices 33 (5):280-290

19. Eclipse-Fundation (2011) EclipseLink. <http://www.eclipse.org/eclipselink/>. Accessed 31 de Agosto de 2011 2011
20. Apache-Software-Fundation (2011) Derby. <http://db.apache.org/derby/>. Accessed 31 de Agosto de 2011 2011
21. Kagadis GC, Langer SG, Sakellariopoulos GC, Alexakos C, Nagy P (2010) Overview of Medical Imaging Informatics.
22. Eclipse-Fundation (2011) SWT: The Standard Widget Toolkit. <http://www.eclipse.org/swt/>. Accessed 13 de Septiembre de 2011 2011
23. JogAmp-Community (2011) JOGL Java Binding for the OpenGL. <http://jogamp.org/jogl/www/>. Accessed 6 de Septiembre de 2011 2011
24. Gruber O, Hargrave B, McAffer J, Rapicault P, Watson T (2005) The Eclipse 3.0 platform: adopting OSGi technology. IBM Systems Journal 44 (2):289-299

Datos de contacto:

*Mariana del Fresno. PLADEMA, Facultad de Cs. Exactas, UNICEN, Tandil, Argentina. mdelfres@exa.unicen.edu.ar
pescobar@fio.unicen.edu.ar
jmassa@exa.unicen.edu.ar
msantiag@exa.unicen.edu.ar*