

Estudio de tres sistemas informáticos de procesamiento de imágenes médicas: NEFROVOL, SIMVENT y CINARTRO.

Ignacio Ferrer Echave

Docentes: Conferencistas y/o tutores, María José González, Franco Simini

Abstract— It was studied the computer systems NEFROVOL, SIMVENT and CINARTRO, focusing on their programming techniques for the interactive processing of medical images. Was investigated the state of the art of medical image processing using software. Then it was studied each programming technique, the architecture of the systems, their design, methods of persistence and image processing. Concluding that the systems present architectures that meet the objectives, but have weaknesses in terms of flexibility. The programming techniques and the libraries used are appropriate to solve the problems raised.

Resumen— Se estudiaron los sistemas informáticos NEFROVOL, SIMVENT y CINARTRO, centrándose en sus técnicas de programación para el procesamiento interactivo de imágenes médicas. Se investigó el estado del arte del procesamiento de imágenes médicas mediante software. Luego se estudió cada técnica de programación, la arquitectura de los sistemas, su diseño, métodos de persistencia y procesamiento de imágenes. Llegando a la conclusión de que los sistemas presentan arquitecturas que cumplen con los objetivos, pero presentan debilidades en cuanto a la flexibilidad. Las técnicas de programación y las librerías utilizadas son apropiadas para resolver los problemas planteados.

Index Terms— Medical Image Processing, Medical software?, DICOM, CDA, EMPI, XDS, Poliquistosis renal, Ventilación mecánica, CINARTRO, NEFROVOL, SIMVENT-DOCEO.

I. INTRODUCCIÓN

El procesamiento de imágenes mediante computadoras reúne un conjunto de técnicas que ha tomado importancia tanto dentro de la medicina como de la computación, y se encuentra en continuo desarrollo.

En la medicina estas técnicas en general son utilizadas para destacar ciertos elementos de importancia dentro de una escena con el fin de facilitar su análisis. Son aplicables cuando se desea realzar, mejorar la apariencia de una imagen, o bien medir, contrastar o clasificar algo dentro de ella [1]. También se busca reducir las tareas repetitivas que realizan los expertos, como puede ser clasificar formas patológicas encontradas en una muestra de sangre [2].

Se estudiaron los sistemas informáticos CINARTRO [3], NEFROVOL [4] y SIMVENT-DOCEO [5], centrándose en su diseño y técnicas de programación para el procesamiento interactivo de imágenes médicas. Se investigó el estado del arte de los tres sistemas y del procesamiento de imágenes médicas mediante software. Luego se estudió cada técnica de programación, enumerando ventajas y desventajas.

A. CINARTRO

Esta aplicación de escritorio permite estudiar la cinemática de la rodilla, procesando una serie de imágenes tomadas de

una videofluoroscopia realizada con un Arco en C. El sistema calcula ciertos datos importantes para el análisis clínico: el Punto de Contacto Tibio-Femoral (PCTF), el Brazo de Momento (BM), y el ángulo formado por la intersección de los planos femoral y tibial. Este sistema apunta a usuarios médicos o especialistas en fisioterapia y rehabilitación (entre otros).

Una vez tomadas las imágenes, es posible cargarlas en formato de video (AVI), o como un conjunto de imágenes (BMP, JPG, PNG). Con el fin de medir correctamente ángulos y distancias se creó un Fantoma para la calibración, y se desarrolló un algoritmo de corrección de la distorsión generada por el efecto *Pincushion* [8].

En este punto, el operador indica la posición de 11 puntos definidos como muestra la Figura [1], repitiendo este procedimiento en cada una de las imágenes obtenidas. Una vez finalizado este proceso, el sistema puede mostrar una serie de gráficos en los que se ve el análisis de la cinemática de la rodilla, teniendo en cuenta los datos calculados.

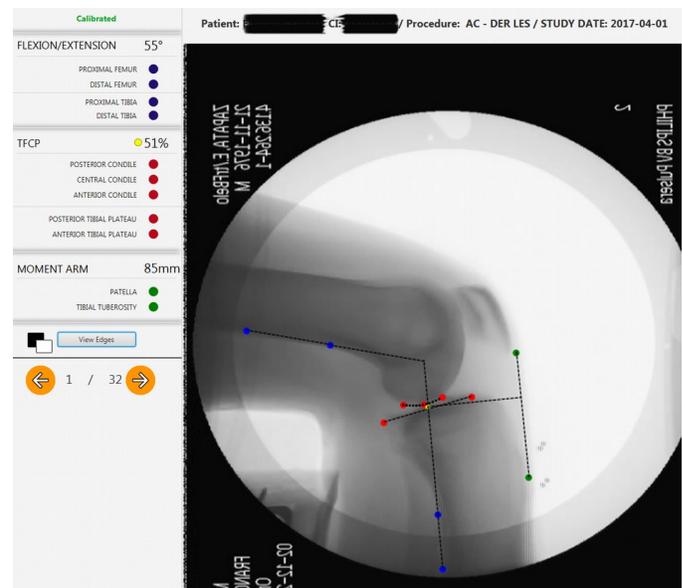


Figura 1: Pantalla de edición de puntos. Extraído de CINARTRO.

Es posible generar un reporte comparativo en formato PDF entre distintos estudios generados previamente por CINARTRO. Donde se muestra en diferentes gráficas la evolución de un paciente a lo largo del proceso de recuperación, el diagnóstico y otros datos de interés.

B. NEFROVOL

Este sistema tiene como objetivo facilitar el diagnóstico y

seguimiento de la evolución de pacientes con poliquistosis renal, estimando de manera no nociva su volumen de los riñones. Para ello se obtienen imágenes ultrasonográficas (ecografías), que no causan efectos secundarios y tienen bajo costo. NEFROVOL permite generar un modelo tridimensional del riñón a partir de estas imágenes y calcular una estimación de su volumen total.



Figura 2: Captura de pantalla extraída de NEFROVOL

Es necesario que las imágenes estén en formato DICOM y que sean obtenidas de diferentes cortes del riñón, paralelas y equidistantes entre sí. Para garantizar esto es necesario un soporte con guías que permiten al operador tomar las imágenes correctamente. Una vez tomadas las imágenes el operador debe indicar sobre cada una de ellas el contorno del riñón.

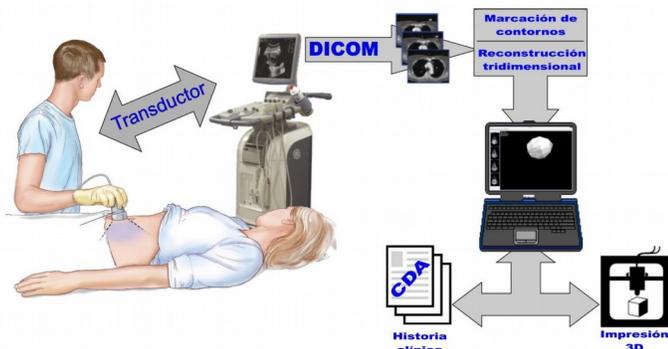


Figura 3: Proceso general de NEFROVOL extraída de [2]

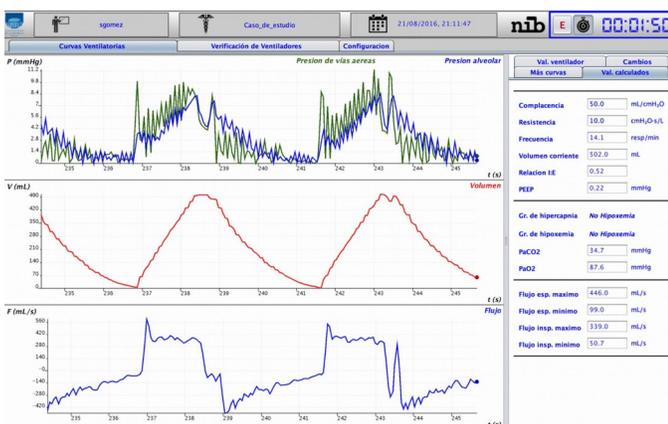


Figura 4: Imagen extraída de SIMVENT-DOCEO

C. SIMVENT-DOCEO

Las metas de este sistema son el chequeo de ventiladores mecánicos y la generación de una plataforma de enseñanza donde se simule el comportamiento de la ventilación con un paciente virtual.

Mediante SIMVENT-DOCEO se envían parámetros de operación al robot SIMVENT permitiendo al operador, además de probar estrategias de ventilación mecánica, evaluar el efecto sobre el robot. Esta simulación busca ser de utilidad tanto para el aprendizaje, como en el cuarto médico para fijar conductas para pacientes reales [3].

Como parte del proyecto se incluyó la simulación de SIMVENT basándose en un modelo matemático, que permite operar SIMVENT-DOCEO sin la necesidad de contar con el robot. Para probar el sistema, también se creó un simulador simplificado de ventilador.

II. DESARROLLO DE LA MONOGRAFÍA

Para el estudio de los sistemas en una primera instancia se enumeran las principales características de los sistemas, se realiza un análisis de la arquitectura y diseño de componentes. Además se investiga el abordaje del problema del procesamiento de imágenes.

TABLE I
COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS GENERALES

	SIMVENT-DOCEO	NEFROVOL	CINARTRO
Año de finalizado	2016	2014	2016
Plataforma	Linux/Mac/Win	Win	Linux/Mac/Win
Identificación de pacientes	No Aplica	No presenta	EMPI
Entrada	No aplica	DICOM	JPG/BMP/PNG/AVI
Reporte CDA	Si	Si	Si
Otros Reportes	HTML		PDF/XLS

A. Lenguajes de programación

Los sistemas estudiados coinciden con la elección de Java [9] como lenguaje de programación, que se basa en el paradigma de orientación a objetos. Un objeto es una entidad que tiene asociado un conjunto de atributos y de operaciones definidas que operan sobre ese ellos. La clase del objeto es la definición del mismo, puede verse como la plantilla usada para su creación. Los diseños orientados a objetos simplifican la evolución del sistema [6].

Si bien se estudiaron varios lenguajes de programación, a la hora de la elección no se encuentra Python como un candidato. Esta opción debería ser considerada ya que cumple con los requisitos necesarios para el satisfacer los requerimientos funcionales y no funcionales de estos sistemas, y además presenta una velocidad de desarrollo superior a Java, por ser un lenguaje de scripting.

Se observa que fueron usados distintos Frameworks para ayudar a la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI), Swing [10] por el lado de SIMVENT-DOCEO y JavaFX [11] por el lado de CINARTRO.

Swing es parte de Java™ Foundation Classes (JFC), provee un conjunto liviano de componentes GUI nativos con un estilo visual definido compatible con todas las plataformas. Es un Framework que es muy usado debido a que ha sido la librería estándar para la creación de GUIs en Java SE.

JavaFX fue concebido con el fin de reemplazar a Swing como librería estándar, ya que tiene soporte para aplicaciones de escritorio como para páginas web. Es diseñado para brindar aplicaciones con GUIs sofisticadas, que pueden incluir animaciones, audio, reproducción de video, gráficas y estilos basados en CSS [11].

Por lo expuesto JavaFX es mas moderno, brindando mayor cantidad de posibilidades, de todos modos, Swing presenta un correcto funcionamiento para las tareas definidas en SIMVENT-DOCEO. Como contra se puede ver que en caso de querer generar interfaces web en este sistema, se deberían volver a desarrollar desde cero.

TABLE I
COMPARACIÓN DEL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN Y LIBRERÍAS

	SIMVENT-DOCEO	NEFROVOL	CINARTRO
Lenguaje	Java 8	Java	Java
GUI-Framework	Swing	No Especificado	JavaFX
Gráficos 3D	No Aplica	OpenGL	No Aplica
Generación de gráficas	JChart2D	Jcommon-1.0.20 / jfreechart-1.0.16	JavaFX

B. Arquitectura

La arquitectura de software puede verse como “la estructura general de este y a las formas en las que ésta da integridad conceptual a un sistema” [12]. Tan importante como la estructura de una casa es la arquitectura para un sistema informático, ya que de no construirlo de manera acorde, es probable que se presenten problemas en el futuro [7].

Visto que CINARTRO tanto para el ingreso de un paciente como para persistir un procedimiento son consumidos servicios externos, puede verse que se presenta una arquitectura híbrida, con partes de una arquitectura en la cual se consumen servicios descentralizados y partes de una arquitectura en dos capas, en la cual la capa lógica y la interfaz de usuario se encuentran separadas.

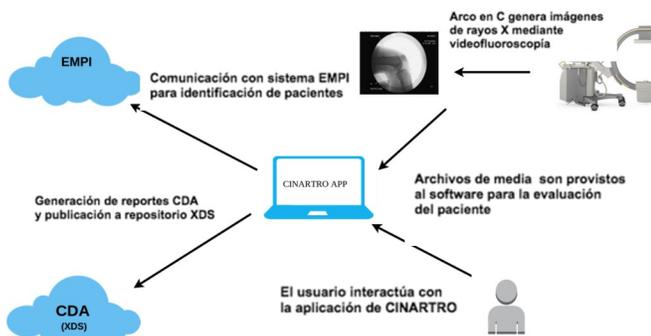


Figura 5: Arquitectura de CINARTRO. Extraído de [1]

NEFROVOL presenta una arquitectura en capas, que se compone de 4 módulos. La *Interfaz de Usuario* se encarga de la interacción del usuario con el sistema. El módulo *Lógica 3D* genera la estructura tridimensional y calcula su volumen. La transformación de datos y los cálculos son realizados en el módulo *Lógica de negocio*. El componente de *Acceso a Datos* es el responsable de la comunicación con la base de datos, maneja transacciones, consultas y carga de datos, además es quien se encarga de procesar los archivos DICOM [13].

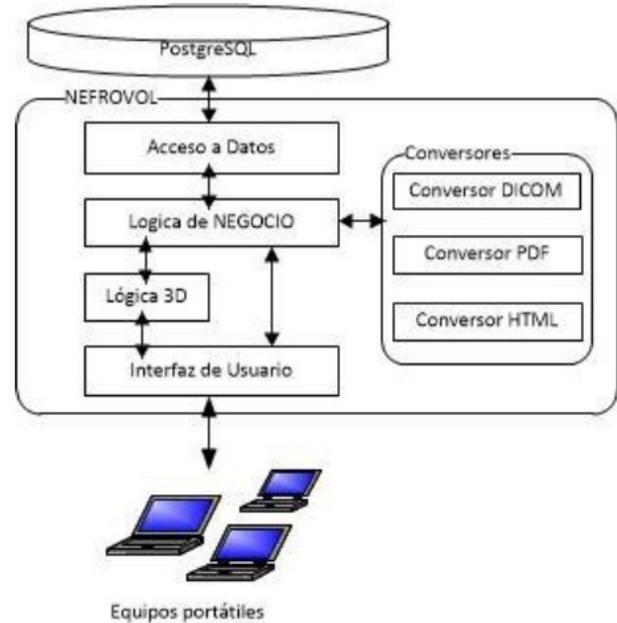


Figura 6: Arquitectura de NEFROVOL. Extraído de [2]

SIMVENT-DOCEO presenta una arquitectura dirigida por eventos, que es un patrón de diseño que promueve la producción, detección, consumo y reacción a eventos. Un evento puede ser visto como un cambio de estado que puede desencadenar una serie de notificaciones a otros componentes. Las características principales de esta arquitectura son el bajo acoplamiento y una buena distribución en el espacio-tiempo [5]. Como se ve en la Figura 7, el sistema se construye en 3 capas, con una capa transversal a ellas: La capa de Presentación, se encarga de la generación de gráficas y la interacción con usuario. La capa de Negocio contiene la lógica necesaria para los requerimientos, y exporta interfaces a la capa de Presentación. La capa de Datos gestiona los datos que obtiene de SIMVENT. En la capa Transversal se brindan operaciones y se mantienen los tipos de datos compartidos.

información necesaria para crear modelos mediante impresión 3D.

En los tres sistemas se muestran gráficas generadas dinámicamente, se ve que se utilizan librerías distintas. La principal diferencia es que JChart2D está creada con el fin de brindar soporte a la generación de gráficas en tiempo real, mientras que JFreeChart y las provistas por JavaFX están orientadas a generar gráficas de uso general.

III. CONCLUSIONES

Los sistemas estudiados buscan objetivos diferentes, por lo que es lógico que presenten arquitecturas, componentes y librerías distintas. Si bien todos están escritos en Java, se utilizan distintos Frameworks para la parte gráfica.

El procesamiento de imágenes es realizado en mayor medida por el lado de CINARTRO y NEFROVOL, realizando cálculos sobre ellas, o corrigiendo deformaciones causadas por su adquisición.

Se presenta el diseño de componentes acorde a los requerimientos, y librerías de manejo de imágenes que cumplen correctamente con estos. Se destaca que las librerías usadas son de uso gratuito, siendo en su mayoría OpenSource.

Una debilidad que presenta el sistema CINARTRO y SIMVENT-DOCEO es que no es posible obtener estudios realizados desde repositorios, dejando al usuario final la tarea de gestionar sus archivos personales, ya que no se persisten en una base de datos.

IV. REFERENCIAS

- [1] R. Medina and J. Bellera, "Bases del Procesamiento de Imágenes Médicas," pp. 1–34, 2014.
- [2] U. Militar, N. Granada, F. De Ingeniería, M. M. F, and M. A. A. M, "Clasificación automática de formas patológicas de eritrocitos humanos Automatic classification of pathological shapes in human erythrocytes," vol. 21, no. 1, pp. 31–48, 2015.
- [3] M. Rodríguez, W. Olivera, D. Santos, and F. Simini, "Proyecto de grado: CINARTRO Herramienta de estudio de la cinemática de la rodilla por videofluoroscopia.," 2015.
- [4] E. Gabriel, A. García, M. Andrés, and S. Soto, "Proyecto de grado: NEFROVOL," 2014.
- [5] S. G. P. I. F. S. Fabián Ferreira Quepfert, "Proyecto de grado SIMVENT-DOCEO," 2016.
- [6] I. Sommerville, "Ingeniería del software," *Danielr.Obolog.Es*. pp. 105–150, 2005.
- [7] D. Cardacci, "Arquitectura de software académica para la comprensión del desarrollo de software en capas," pp. 1–21, 2015.
- [8] V. Baltzopoulos, «A videofluoroscopy method for optical distortion correction and measurement of knee-joint kinematics», *Clin. Biomech.*, vol. 10, n.o 2, pp. 85-92, 1995.
- [9] ¿Qué es Java? https://www.java.com/es/about/whatis_java.jsp [Accedido Julio 2017]
- [10] javax.swing (Java Platform) <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/javax/swing/package-summary.html> [Accedido Julio 2017].
- [11] JavaFX developer home <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/overview/javafx-overview-2158620.html> [Accedido Julio 2017].
- [12] Shaw, M. y Garlan, D. "Formulations and Formalisms in Software Architecture", Volume 1000 - Lecture Notes in Computers Sciens, Springer-Verlag, 1995.
- [13] Pianykh, OS 2008, Digital Imaging And Communications In Medicine (DICOM) : A Practical Introduction And Survival Guide, Berlin: Springer, eBook Index, EBSCOhost, viewed 5 July 2017. .
- [14] Introducción a la Ingeniería de Software. <https://www.fing.edu.uy/tecnoinf/maldonado/cursos/ingsoft/materiales/teorico/is07-Disenio.pdf> [Accedido Julio 2014].
- [15] E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, and J. Vlissides, "Design Patterns – Elements of Reusable Object-Oriented Software," *A New Perspect. Object-Oriented Des.*, p. 334, 2002..
- [16] Health Level Seven International, "HL7 Standards product brief - CDA® Release 2," 2005. [Online]. Available: http://www.hl7.org/implementation/standards/product_brief.cfm?product_id=7. [Accessed: 11-Aug-2016].
- [17] Publication and Discovery XDS and DSUB IT. IT Infrastructure Planning Committee Iliia Fortunov – Microsoft.
- [18] Sysnet International, «Open Enterprise Master Patient Index (OpenEMPI)», Disponible en: <http://www.openempi.org/>. [Accedido julio 2017]
- [19] C. C. Attribution, «JogAmp,» <http://jogamp.org/jogl/www/>. [Accedido julio 2017].
- [20] «Introducción a la programación en OpenGL,» http://www.fing.edu.uy/inco/cursos/compgraf/Clases/2012/OpenGL2012_1.pdf. Accedido Julio 2017
- [21] C. C. Attribution, «JogAmp,» <http://jogamp.org/gluegen/www/>. Accedido Julio 2017.