

Sistema para el almacenamiento y transmisión de imágenes médicas, versión 3.0

System for the storage and transmission of medical images, version 3.0

Ing. Carlos Guzmán Díaz,^I Ing. Denys Bárbaro Vega Aguilar^{II}

^I Ingeniero informático. Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba.
E-mail: cguzman@uci.cu

^{II} Ingeniero informático. Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba.
E-mail: dbvega@uci.cu

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo el desarrollo de un servidor de almacenamiento y transmisión de imágenes médicas. Es un sistema orientado al área de radiología de una clínica hospitalaria, con el fin de almacenar y transmitir las imágenes generadas por los equipos de adquisición. Se ha elaborado según lo estipulado en el estándar DICOM 3.0 para el almacenamiento y transmisión de las imágenes médicas. Fue desarrollado sobre plataforma .NET con lenguaje de programación C#, utilizando el Framework 4.0, lo cual facilitará la migración hacia una plataforma libre. Posee una interfaz amigable que posibilita que la aplicación sea fácil de configurar. La implantación del sistema proporciona un mejor desempeño del sistema a las PACS y las imágenes médicas adquiridas son almacenadas de forma segura y quedando disponibles a los especialistas para su posterior uso.

Palabras clave: DICOM, ACR, NEMA, PACS, servidor, radiología.

ABSTRACT

This research aims to develop a server for the storage and transmission of medical images. It is a system oriented toward the radiology needs of a real hospital, in order to store and transmit the images generated by the acquisition equipment. It

has been prepared as required by the DICOM 3.0 standard for the storage and transmission of medical images. It was developed on .NET platform with C# programming language, using the Framework 4.0. It has a friendly interface that allows the application to be easy to configure. The implementation of the system

provides a better performance for the PACS system and the medical images acquired are securely stored and are available to specialists for further use.

Key words: DICOM, ACR, NEMA, PACS, server, radiology.

INTRODUCCIÓN

Hace aproximadamente un siglo la radiología es utilizada para capturar imágenes anatómicas a través de las películas convencionales; en la década de los 70 ya surge el término de radiología digital dando un paso de avance y obligando a la renovación de los equipos de adquisición de imágenes médicas. Es por esto que la Asociación de Radiólogos Americanos (ACR) y la Asociación Nacional de Empresas Eléctricas de EE.UU. (NEMA) desarrollaron un estándar que permite interconectar sistemas informáticos de diferentes fabricantes y además la comunicación entre ellos.

Con el desarrollo de las técnicas de procesamiento de imágenes digitales, de la informática y las comunicaciones, se propició la creación de departamentos especializados en radiología digital que están compuestos por los equipos de adquisición de imágenes, la puerta de enlace de adquisición de imágenes, la infraestructura de comunicaciones, servidores de bases de datos y de imágenes, y las estaciones de visualización y procesamiento de la información, integrados por las redes digitales y software de aplicación. Sistemas de este tipo se conocen en el mundo como Sistemas de Transmisión y Almacenamiento de Imágenes (PACS por sus siglas en inglés).

Sistemas de almacenamiento y transmisión de imágenes médicas

A nivel internacional la comercialización de servidores de imágenes se encuentra fundamentalmente en manos de grandes compañías como General Electric, Siemens AG, Philips, Kodak, Agfa, Digital Imaging, Fujifilm y algunas otras.

En todos los casos las soluciones se caracterizan por ser muy caras, lo que -si no está reflejado en el software- es apreciable en el hardware específico de la solución. También presentan limitaciones como la atadura a plataformas específicas (ej. Windows o UNIX) o a gestores de bases de datos relacionales determinados. Los que en los casos de servidores de elevado rendimiento utilizan gestores de bases de datos comerciales como SQL Server y Oracle, cuyas licencias son sumamente costosas. Mientras que aquellos que utilizan gestores libres se adhieren a opciones como MySQL que no resulta conveniente para manejar los inmensos niveles de información generada por los equipos en hospitales o clínicas radiológicas.¹

En el año 2005 se planteó la idea de desarrollar una nueva solución para evitar de esta forma la necesidad de importar soluciones extranjeras como el SAVIM, sistema que fue utilizado en algunos hospitales y clínicas de país.

El sistema desarrollado por la UCI conocido como PACS está siendo explotado en varios hospitales nacionales y en el Complejo de Salud Integral "Dr. Salvador Allende", en Venezuela.

Almacenamiento y transmisión de imágenes médicas

El sistema alas PACS cuenta con varios módulos entre los que se encuentra el alas PACS Server, el cual tiene como objetivo el almacenamiento y transmisión de las imágenes provenientes de los equipos de adquisición.

El flujo de procesos se identifica en el almacenamiento y transmisión de imágenes médicas, en los departamentos radiológicos de las instituciones hospitalarias o clínicas radiológicas. El proceso de almacenamiento comienza una vez que un equipo de adquisición genera un estudio imagenológico de un paciente y se decide almacenar el mismo en el servidor de imágenes para un posterior análisis.

El proceso de transmisión de las imágenes se realiza a consecuencia de una solicitud enviada por una estación de trabajo, así el sistema le envía las imágenes a la estación solicitante, consecuente con la petición realizada por la misma, la que contiene los datos de los pacientes y el estudio que se le realizó.

De este modo se hace posible, en los hospitales o clínicas radiológicas donde esté instalado el sistema, que todo aquel equipo médico de adquisición de imágenes que posea al menos una estación de post-procesamiento o de visualización, pueda efectuar tareas de: visualización, envío de imágenes al sistema, búsqueda de pacientes en el sistema u obtención de las imágenes de un determinado paciente.

En el tiempo que se ha utilizado esta aplicación se ha podido comprobar que es una aplicación estable y que se encuentra disponible para los especialistas las 24 horas, siendo la seguridad una de sus principales características.

No obstante en este tiempo de uso se ha detectado que presenta algunas deficiencias con las consultas a la base de datos, debido al gran cúmulo de registros de imágenes, haciendo muy costosas en tiempo, las búsquedas en la misma; otra de las limitantes encontradas es que el servidor solo puede configurarse para almacenar imágenes en una partición, dejándole la responsabilidad al administrador del sistema de cambiar manualmente la configuración hacia una nueva partición de almacenamiento, además el trabajo de los administradores del sistema se hace muy engorroso debido a que para hacer algún cambio en la configuración del mismo, es necesario ir hasta el nodo donde se encuentra instalado.

CONTENIDO

Métodos y herramientas

Para lograr un mejor entendimiento del negocio y el levantamiento de los requisitos se utilizó la observación como método científico, y la entrevista a profesionales informáticos que ya han tenido experiencias en el trabajo con este tipo de sistemas.

Se utilizaron diferentes herramientas, tecnologías y lenguajes para la construcción del sistema. Como herramienta de diseño guiado por computadora se utilizó Enterprise Architect en su versión 7.5. Esta aplicación combina las especificaciones

del lenguaje Unificado de Modelado (UML), en su versión 2.1; el cual fue utilizado como lenguaje gráfico para especificar y documentar los artefactos generados. Como plataforma de desarrollo se utilizó Microsoft .Net Framework 4 que es un componente integral de Windows que admite la compilación y la ejecución de la

nueva generación de aplicaciones y servicios Web. La biblioteca de clases contenida en el framework ayuda a reducir enormemente el trabajo de desarrollo; estas clases están ordenadas por distintas categorías y existen clases para todo tipo de funcionalidad.²

Se utilizó ASP.NET como framework para aplicaciones web y como herramienta de Mapeo objeto-relacional NHibernate que facilita el mapeo de atributos entre una base de datos relacional tradicional y el modelo de objetos de una aplicación. También cuenta con librerías como Managed Extensibility Framework (MEF) para lograr una mayor extensibilidad del sistema y permitir una mayor reutilización de aplicaciones y componentes.

Se utilizó Microsoft Visual Studio 2010 como entorno de desarrollo, el cual incluye herramientas que simplificaron todo el proceso de desarrollo del módulo. Soporta diferentes lenguajes, entre ellos el que fue utilizado: C# 4.0. Como servidor de base de datos relacional orientada a objetos fue utilizado PostgreSQL 9.0 que aproxima los datos a un modelo objeto-relacional, y es capaz de manejar complejas rutinas y reglas.

Se empleó el Modelo de Capacidad y Madurez (CMMI) como modelo de calidad. Este brinda un marco de trabajo de los elementos principales del proceso para el desarrollo de sistemas y es compatible con la metodología Proceso Unificado del Rational (RUP), incluso la implementación de RUP apoya ciertas prácticas requeridas por el modelo CMMI.

Arquitectura

La Arquitectura de Software es la organización fundamental de un sistema encarnada en sus componentes, las relaciones entre ellos y el ambiente y los principios que orientan su diseño y evolución.³ Define el estilo o combinación de estilos para una solución y es esencial para el éxito o fracaso de un proyecto.⁴

Alas PACSServer 3.0 es un software con una arquitectura cliente servidor y otros estilos como arquitectura orientado a componentes. Los elementos que lo componen responden a decisiones arquitectónicas para hacer cumplir requerimientos funcionales y no funcionales. Como es el caso de la base de datos la cual almacena los principales datos de las imágenes para permitir realizar búsquedas más rápidas de ellas. Los clientes están separados del servidor, como lo define el estilo arquitectónico predominante.

Las comunicaciones reguladas de manera que los servidores utilizan el puerto 104 para escuchar y las estaciones clientes deben definir sus puertos de escucha, constituye una restricción. Del mismo modo, las estaciones clientes deben tener registradas en el servidor su AE*, dirección IP y puerto utilizado para poder recibir imágenes del servidor. Otras limitaciones existentes son a la hora de asociarse dos partes, pues para hacerlo, ambas partes tienen que negociar los servicios y los formatos de imágenes o modalidades que soportan. Después de realizar las transacciones es que están en condiciones de asociarse, aceptando un conjunto de servicios que serán los que se podrán realizar sobre esa asociación.

La integración de estos estilos arquitecturales ofrece importantes beneficios en cuanto a estabilidad y al incremento en la facilidad del mantenimiento en un futuro del sistema, debido al desacoplamiento entre sus componentes. Esto permitirá la sustitución, en tiempo de ejecución, de componentes actuales por otros, sin que

impacte en el correcto funcionamiento del sistema. Además se logrará un sistema flexible y que conlleve a realizar menores cambios en el código según avanza su desarrollo.

Impacto social

Con la creación de un sistema capaz de almacenar y transmitir imágenes generadas por equipos de diferentes fabricantes y diferentes modalidades se garantiza una mayor calidad del servicio médico al paciente, los diagnósticos se realizarán con mayor rapidez y eficacia.

Se evitará tener que importar soluciones extranjeras lo que implica un ahorro significativo para la economía del país, y el presupuesto que antes era dedicado a esto puede ser asignado a satisfacer otras necesidades de la sociedad. Además el nuevo sistema tendrá una mayor aceptación en los usuarios finales, que son los profesionales informáticos que van a utilizarlo porque la interfaz de configuración Web que contiene el mismo hará que su trabajo sea más fácil y menos engorroso.

RESULTADOS

Se logró implementar un sistema capaz de almacenar y transmitir imágenes generadas por equipos de diferentes fabricantes y diferentes modalidades.

Los clientes podrán ser estaciones de visualización de imágenes o equipos de adquisición de éstas y podrán almacenar imágenes en el servidor, hacer búsquedas entre las imágenes almacenadas, obtener imágenes del mismo o mover imágenes del servidor a otro destino; siendo esto de gran ayuda a los especialistas para un mejor diagnóstico.

Se realizaron pruebas preliminares al sistema desarrollado para comprobar su rendimiento y capacidad para el almacenamiento y transmisión de las imágenes médicas. Se simuló un ambiente de un departamento radiológico, donde se tomaron varias computadoras como los equipos de adquisición y estaciones de visualización.

El sistema fue instalado en una computadora Pentium D, CPU de 3.00 GHz, 1 GB de RAM conectada a una red de 100 Mbps.

Se efectuaron pruebas de almacenamiento, búsqueda y obtención, de estudios de diferentes modalidades en una base de datos con 10 546 203 de referencias de imágenes. Estos estudios, cada uno con una capacidad promedio entre 100 y 300 MB, con una cantidad promedio de 100 a 500 imágenes y una capacidad promedio entre 512 KB y 2 MB cada imagen.

Estas operaciones fueron realizadas desde 4 estaciones de trabajo, simulando equipos médicos de adquisición de imágenes y estaciones de visualización, los resultados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 1. Pruebas preliminares		
Modalidad del estudio	CT	
Cantidad de imágenes	Tamaño total (MB)	
415	216	
Operación	Alas PACSServer 3.0	Alas PACSServer 2.9.3
Almacenamiento	89 segundos	186 segundos
Búsqueda	1 segundo	311 segundos
Obtención	85 segundos	105 segundos
Tabla 2. Pruebas preliminares		
Modalidad del estudio	MR	
Cantidad de imágenes	Tamaño total (MB)	
72	35.8	
Operación	Alas PACSServer 3.0	Alas PACSServer 2.9.3
Almacenamiento	17 segundos	81 segundos
Búsqueda	1 segundo	302 segundos
Obtención	36 segundos	79 segundos
Tabla 3. Pruebas preliminares		
Modalidad del estudio	US	
Cantidad de imágenes	Tamaño total (MB)	
26	153	
Operación	Alas PACSServer 3.0	Alas PACSServer 2.9.3
Almacenamiento	44 segundos	84 segundos
Búsqueda	1 segundo	297 segundos
Obtención	36 segundos	80 segundos

CONCLUSIONES

Se realizó un estudio de las tendencias actuales en el almacenamiento y transmisión de imágenes médicas donde se obtuvo funcionalidades necesarias para el sistema, concluyéndose que los sistemas internacionales no son económicamente viables y que el existente en Cuba no resuelve el problema planteado en la presente investigación. Se modeló una propuesta de un flujo de trabajo consiguiéndose el almacenamiento y transmisión de las imágenes en un ambiente de un departamento radiológico.

Después de un estudio de diferentes estilos arquitectónicos se definió una arquitectura híbrida donde se utiliza como patrón arquitectónico principal las cuatro C y estilos arquitecturales que ofrecen importantes beneficios en cuanto a estabilidad y al incremento en la facilidad del mantenimiento del sistema en el futuro.

Con la realización de la presente investigación se logró el desarrollo de un servidor de almacenamiento y transmisión de imágenes médicas; el sistema alas PACSServer, versión 3.0, de fácil configuración y manipulación, capaz de almacenar y transmitir imágenes médicas de acuerdo al estándar DICOM 3.0. Se utilizaron técnicas de programación avanzada como la paralelización de procesos que agilizan la gestión de las imágenes en el servidor.

El sistema informático obtenido garantiza un mejor desempeño de la solución alas PACS y las imágenes médicas adquiridas serán almacenadas de forma segura quedando disponibles a los especialistas para su posterior uso. De esta forma aumentarán los indicadores de eficiencia en los servicios a los pacientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. González Rodríguez L, Durañona Yero Y. Servidor de Imágenes Médicas (Cassandra Server). Cuba: s.n.; 2007.
2. Gamboa Yero AJ, Guerra Pérez A. alas PACSWorklist-Servidor de listas de trabajo. La Habana: s.n.; 2009.
3. Reynoso CB. Introducción a la Arquitectura de Software. [citado el 12 Ene. 2014]. Disponible en: <http://www.willydev.net/descargas/prev/IntroArq.pdf>
4. _____. Architect Academy: Seminario de Arquitectura de Software. [Presentación de Power Point]. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires; 2005.

Nota aclaratoria:

*Application Entity: Nombre que identifica una estación (cliente o servidor) según el estándar DICOM 3.0

Recibido: 29 de noviembre de 2013.

Aprobado: 10 de enero de 2014.