

Arquitectura del sistema para la transmisión, almacenamiento y visualización de imágenes médicas en instituciones hospitalarias: ALAS PACS.

Architecture of Alas Picture archiving and communications systems

Lázaro González Rodríguez, Yanoksy Durañona Yero, Héctor Raúl González Díez, Pedro Medina Riesgo, Rolando Bonal Cáceres, André José Gamboa, Alexander Leyva Morales.

Universidad de las Ciencias Informáticas

lgonzalezr@uci.cu

Resumen

La carencia de interconexión entre los equipos de adquisición, impresoras, computadoras y otros dispositivos imagenológicos que existen en los departamentos de radiología es uno de los problemas que comúnmente aparece en las Instituciones Hospitalarias.

Alas PACS¹ es una solución de software que ha sido desarrollada atendiendo a las necesidades de distintos hospitales, tanto de Cuba como de Venezuela, que permite la integración de la tecnología presente en los departamentos de radiología anteriormente mencionada. Con este sistema se puede conectar disímiles equipos médicos sin importar el fabricante o la marca pues el mismo se rige por el estándar industrial DICOM² 3.0 que norma las comunicaciones, los formatos de los datos, etc.

El sistema permite entre otras cosas, la visualización de las imágenes médicas desde distintos lugares de los hospitales, así como tener un almacén clasificado de los estudios realizados, permitiendo hacer búsquedas de estudios precedentes. Además permite realizar y gestionar los reportes emitidos a los pacientes.

Actualmente el sistema brinda sus beneficios a 5 hospitales en Ciudad de la Habana, entre los cuales podemos señalar el Hospital Hermanos Ameijeiras y el Hospital Oftalmológico Ramón Pando Ferrer, así como en el CMDAT³ Salvador Allende en Caracas Venezuela.

Palabras Clave: Radiología, PACS, DICOM, Arquitectura.

Abstract

The lack of interconnection between the image acquisition equipment, printers and other imaging devices existing on radiological departments is one of the problems that more commonly appears into a Medical Institution.

Alas PACS is a software solution, developed attending the necessities of various medical institutions, either in Cuba and Venezuela, that makes possible the integration of all for mentioned technology existing on the radiology departments. Through this system is possible to interconnect medical equipment no matter the manufacturer or the brand needing just the industrial standard DICOM 3.0 conformances, which rules the way of communications, data formats, etc.

The system allows between features, the visualization of medical images from different places inside the hospital; also provides a classified store for the realized studies, allowing the querying of foregoing studies. In addition, the system allows the management of the issued reports to the patients.

Nowadays, the system offer it's benefits on five hospitals from La Havana City where we can specify the "Hermanos Almeije-

¹ Picture Archiving and Communication System

² Digital Imaging and Communication in Medicine

³ Centro Médico de Diagnóstico de Alta Tecnología



ras Hospital” and the “Ramón Pando Ferrer Ophthalmological Hospital”, as well as the “Salvador Allende HTDMC⁴” from Caracas, Venezuela.

Key words: Architecture, DICOM, PACS, Radiology.

Introducción

A principio de la década de los setenta surgió el término radiología digital. Este concepto evolucionó la tecnología de los equipos de adquisición de imágenes médicas. Modalidades como la Tomografía Computarizada (CT) comenzaron a desarrollarse con muy buenos resultados. En los ochenta surgieron otras de gran impacto como la Resonancia Magnética de Imágenes (MRI). Por el carácter no invasivo de las radiaciones que emite y las ventajas que desde el punto de vista clínico ofrece, se convirtió rápidamente en una de las más fiables y flexibles. [1]

A partir de estas y otras tecnologías como el ultrasonido (US), la medicina nuclear (NM), las redes de comunicación, las computadoras personales y los medios de almacenamiento, se hizo factible la transmisión de imágenes a distancia; por otra parte el almacenamiento de estudios imagenológicos en formato electrónico y las técnicas y algoritmos para el procesamiento de imágenes digitales dan comienzo a la carrera de los Sistemas de Transmisión y Almacenamiento de Imágenes. Estos sistemas están formados por las modalidades o equipos de adquisición de imágenes, la infraestructura de comunicaciones, servidores de bases de datos y de archivos, y las estaciones de visualización y procesamiento de la información. Todos esos elementos se integran de forma coherente a través de aplicaciones de software que son la interfaz entre los usuarios y la infraestructura tecnológica. [1]

La Asociación de Radiólogos Americanos⁵ y la Asociación Nacional de Empresas Eléctricas⁶ de EEUU desarrollaron, después de varios años de trabajo (desde 1983), el estándar DICOM cuya versión actual es la 3.0, difundida y perfeccionada desde 1993. Este estándar surge con el objetivo de favorecer el desarrollo y expansión de los PACS. DICOM es el estándar industrial para transferencia y visualización de imágenes médicas digitales y la información asociada entre equipos y computadoras; facilita la comunicación entre equipos de diagnóstico, terapéuticos y sistemas de diferentes fabricantes y/o desarrolladores de software. [2]

Como consecuencia de los beneficios que traen consigo estas nuevas tecnologías para el diagnóstico médico, en Cuba se está llevando a cabo un gran esfuerzo por modernizar los servicios de la salud. Se están adquiriendo modernos equipos médicos que garantizan diagnósticos rápidos y confiables; de los cuales la mayoría genera la información en forma de imágenes médicas, siendo estas de gran valor para el diagnóstico. Por lo que resulta de vital importancia garantizar su transmisión de un lugar a otro; el almacenamiento de forma persistente atendiendo a la capacidad limitada de almacenamiento de los equipos; así como la disponibilidad y seguridad de las mismas.

Resulta fácil percatarse de que por sí solos los elementos existentes en los hospitales del país, tales como: el moderno equipamiento de adquisición de imágenes médicas, la red nacional de fibra óptica y las estaciones de visualización o de post-procesamiento no son suficientes para ofrecer estas funcionalidades; de ahí que el análisis de la problemática expuesta afluya al planteamiento del siguiente problema: ¿Cómo lograr una integración eficiente de la tecnología imagenológica existente en las Instituciones Hospitalarias?

De este modo el objetivo fundamental del presente trabajo es dar solución el problema planteado. Para ello el presente trabajo

⁴ High Technology Diagnostics Medical Center

⁵ American College of Radiologist (ACR)

⁶ National Electrical Manufacturers Association (NEMA)



estará indagando en los procesos de transmisión, almacenamiento, disponibilidad y seguridad de las imágenes médicas, para poder llevar a cabo la automatización mediante el uso de las TIC⁷ de los procesos mencionados, actuando de modo acorde al estándar DICOM 3.0 y brindando altas prestaciones de configurabilidad, escalabilidad, rendimiento, autonomía e interacción con los sistemas afines existentes en Cuba y el Mundo.

Metodología

En este capítulo se analizarán las principales técnicas, tecnologías, herramientas y metodologías utilizadas para desarrollar el sistema. También se describe el estándar DICOM 3.0, su importancia y necesidad. Se abordan los temas relacionados con los PACS, sus principales componentes y características.

El estándar DICOM 3.0.

La versión más significativa del estándar DICOM ha sido la versión 3.0, en la cual obtuvo la denominación actual (Digital Imaging and Communications in Medicine) y que fue desarrollada en el año 1993 a partir de un rediseño de la publicación No 300-1988 de ACR-NEMA correspondiente a la versión 2.0 del estándar; siendo desarrollada esta vez de acuerdo a los procedimientos de NEMA, incluyendo como principales modificaciones el soporte para entornos de Red basados en TCP/IP (antes P2P) y la especificación de formatos de ficheros, de dispositivos físicos y de sistemas de ficheros. [3] [2] [1]

Como parte del campo de la informática médica, el estándar direcciona el intercambio de información entre los equipos de imágenes médicas y otros sistemas. El hecho de que estos equipos sean capaces de actuar conjuntamente con otros dispositivos médicos implica la necesidad de que el estándar se superponga con otras áreas de la informática médica aumentando en complejidad el estándar; pero sin llegar a regir toda la amplitud de este campo.

Las publicaciones de este estándar especifican interfaces de hardware, un conjunto mínimo de instrucciones de software y un conjunto consistente de formatos de datos que permiten realizar la transmisión, el tratamiento e impresión de archivos DICOM (estos son imágenes médicas con un informe incluido del estudio realizado). El estándar incluye entre otras cosas la definición del formato de esos archivos y los protocolos de comunicación de red, los que están soportados sobre el protocolo TCP/IP para la comunicación entre los distintos sistemas, ver Fig. 1. Este tipo de imágenes pueden ser intercambiadas entre entidades diferentes que sean capaces de recibir y enviar información de pacientes en dicho formato. De este modo DICOM permite la integración de diferentes dispositivos, equipos imagenológicos, servidores de imágenes, estaciones de trabajo, impresoras, hardware de diferentes manufacturas, etc. dentro de un PACS.



Fig. 1 Arquitectura de Red del Modelo DICOM.

⁷ Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones



Sistema de Almacenamiento y Comunicación de Imágenes (PACS).

El desarrollo de la informática, la imagenología y las comunicaciones han hecho posible adquirir imágenes médicas en formato digital, almacenarlas en computadoras y visualizarlas en calidad docente y de diagnóstico. Las imágenes pueden ser visualizadas en un lugar adyacente o muy lejano al sitio original de adquisición de éstas. Pueden ser vistas en varias estaciones de visualización desde diferentes lugares simultáneamente, pues la imagen original se almacena en un repositorio centralizado y se transmite una copia de esta para la visualización.

Esto es posible gracias a los PACS; costosos sistemas que utilizan un servidor para el almacenamiento persistente y el intercambio de imágenes médicas en una red soportando todas las modalidades existentes y documentos de reportes; también definidos como computadoras o redes dedicadas al almacenamiento, obtención, distribución y visualización de imágenes. En el caso de redes especializadas en una o dos modalidades de imágenes médicas específicas, especialmente en ultrasonido se denominaban Mini-PACS; término que ha quedado en la actualidad para los casos de aquellos departamentos imagenológicos que poseen un limitado número de modalidades (ej. una TAC⁸ y una RM⁹) y pocas estaciones de visualización.

Un PACS está constituido por una serie de elementos que tienen la capacidad de interactuar entre sí (ver Fig. **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Además es capaz de interactuar con otros sistemas de información como el Sistema de Información Hospitalaria (HIS¹⁰) o el Sistema de Información Radiológica (RIS¹¹). Típicamente la red de un PACS consiste en un servidor central que almacena las imágenes, uno o más clientes conectados vía LAN o WAN que proveen y/o utilizan las imágenes y los equipos de adquisición. [4]

Componentes de un PACS.

- **Adquisición de Imágenes:** Los equipos de adquisición de imágenes, su tecnología e interfaz de acceso a las modalidades digitales tales como TAC, RM, medicina nuclear y ultrasonido. Los modelos actuales de estas modalidades, soportan interfaces digitales basadas en el estándar DICOM, lo que hace más simple y menos costosa su conexión a un PACS; al contrario de equipos analógicos de ultrasonido, endoscopía, y otros existentes que requieren de una puerta de enlace de adquisición de video para la conexión al PACS. [5]
- **Servidor de Base de Datos y Archivos:** El Servidor de base de datos y archivos almacena la información del paciente, el estudio y los datos con los cuales el PACS puede localizar las imágenes almacenadas. Se utiliza una arquitectura cliente servidor para lograr una comunicación rápida. El almacenamiento de las imágenes debe realizarse utilizando RAID¹² para garantizar la integridad física de los datos en casos de fallas de algún tipo en los discos duros y para el archivado permanente o de largo plazo de las imágenes deben utilizarse CD, DVD o Dispositivos de Almacenamiento en Cinta Magnética.
- **Visualización:** Las estaciones de visualización de los radiólogos y algunos clínicos son estaciones de trabajo o PC con monitores de alta resolución exclusivamente dedicadas a este fin. Aunque también se utilizan para estos efectos las estaciones de post-procesamiento o las asistentes (wizards) que forman parte del equipo de adquisición de imágenes. [4]

⁸ Tomografía Asistida por Computadora

⁹ Resonancia Magnética

¹⁰ Health Information System

¹¹ Radiological Information System

¹² Redundant Array of Independent Disks



- **Infraestructura de Red:** Red LAN o WAN y los dispositivos utilizados, ya sean tarjetas de interfaz de red (NIC) en las estaciones de visualización o en los equipos de adquisición de imágenes o dispositivos de interconexión (switches, hubs, routers, etc.). [5]



Fig.2 Componentes de un PACS.

Resultados y Discusión

La siguiente sección describe los detalles de la arquitectura de Alas PACS de forma general, para luego detallar en los dos escenarios diferentes en los que actúa dicho sistema, escenario intra-hospitalario y escenario inter-hospitalario.

Elementos del Sistema

En su vista más general se pueden definir como elementos del sistema: Los equipos emisores de imágenes, el servidor DICOM, las estaciones de visualización, el repositorio de reportes y el sistema de transmisión en su conjunto.

PACS Básico

En el esquema básico se inicia el proceso del área puramente imagenológica con la emisión de la imagen en el equipo. Esta imagen es almacenada en el Servidor DICOM desde donde pueden ser recuperadas por las estaciones de diagnóstico.

Las estaciones de diagnóstico pueden emitir sus reportes (informes) localmente o emitirlos a un repositorio remoto visible desde las estaciones de revisión de los radiólogos. En un esquema más detallado se pueden considerar las estaciones de adquisición intermedias o Acquisition Gateway. Estas estaciones se utilizan para interceptar las imágenes emitidas por los equipos y en ellas poder decidir si se envían al servidor o a alguna de las estaciones clientes directamente y están preparadas para cumplir la doble función de cliente y servidor simultáneamente. [5]

En muchas ocasiones el propio fabricante provee el equipo acompañado de una estación de adquisición y al menos una estación de diagnóstico.

Las estaciones de adquisición se convierten demasiadas veces en almacenes privados que afectan el flujo natural de un PACS. La solución de esta dificultad sólo está en manos de la dirección de hospital y de las autoridades de salud. Después de años de almacenamiento personal es difícil lograr la comprensión de que las imágenes son un bien del hospital y que la responsabilidad por el resguardo de las imágenes es del departamento de informática y seguridad del hospital y no del departamento de radiología. [6]

Estación de Visualización

La Estación de Trabajo o de Visualización, Alas PACS Viewer está, en el contexto del PACS, conectada como cliente de una configuración cliente-servidor. Sin embargo, por el precepto de alta cohesión y bajo acoplamiento que se ha seguido en la



concepción arquitectónica del sistema Alas PACS, la Estación de Visualización puede trabajar independientemente de que exista el servidor o de que esté disponible siendo incluso en estas condiciones funcionalmente útil.

La arquitectura base de la Estación de Visualización en si misma es de Modelo Vista-Controlador (MVC). Esencialmente tiene un modelo en su almacén de imágenes DICOM que modifica a partir de la actividad del radiólogo en la Vista o capa superior. Los cambios en el modelo a su vez afectan la vista para así cerrar el ciclo de dependencia e interacción mutua Fig. 2. [7] [6]

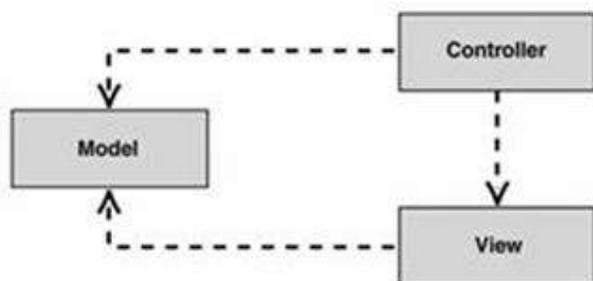


Fig. 2 Modelo Vista – Controlador (MVC).

Entre las ventajas del estilo están las siguientes:

- Soporte de vistas múltiples. Dado que la vista se halla separada del modelo y no hay dependencia directa del modelo con respecto a la vista, la interfaz de usuario puede mostrar múltiples vistas de los mismos datos simultáneamente. Por ejemplo, múltiples páginas de una aplicación de Web pueden utilizar el mismo modelo de objetos, mostrado de maneras diferentes.
- Adaptación al cambio. Los requerimientos de interfaz de usuario tienden a cambiar con mayor rapidez que las reglas de negocios. Los usuarios pueden preferir además distintas opciones de representación, o requerir soporte para nuevos dispositivos como teléfonos celulares o PDAs. Dado que el modelo no depende de las vistas, agregar nuevas opciones de presentación generalmente no afecta al modelo. Este patrón sentó las bases para especializaciones ulteriores, tales como Page Controller y Front Controller.

Entre las desventajas, se han señalado:

- Complejidad. El patrón puede introducir nuevos niveles de indirección y por lo tanto aumentar ligeramente la complejidad de la solución. También se profundiza la orientación a eventos del código de la interfaz de usuario, que puede llegar a ser difícil de depurar. En rigor, la configuración basada en eventos de dicha interfaz corresponde a un estilo particular (arquitectura basada en eventos) que aquí se examina por separado.
- Costo de actualizaciones frecuentes. Desacoplar el modelo de la vista no significa que los desarrolladores del modelo puedan ignorar la naturaleza de las vistas.

Servidor de Imágenes

En su interacción mínima el Servidor de Alas PACS recibe las imágenes de los equipos médicos y las dispone para ser obtenidas desde las Estaciones de Trabajo. Más detalles sobre como se produce esta interacción se brinda en la sección dedicada a las comunicaciones.

Internamente el Servidor está distribuido en capas Fig. 3. Una capa de datos que contiene todos los elementos persistentes, ya sean de la Base de Datos o los sucesos (log) registrados. También existe una capa de servicios donde están agrupadas otras diferentes subcapas como son las de Acceso a Datos (CAD), de Servicios DICOM, de Configuración y Control y finalmente la subcapa de registro de eventos. Adicionalmente está la capa de negocio que contiene las funcionalidades de negocio fundamentales. [8]



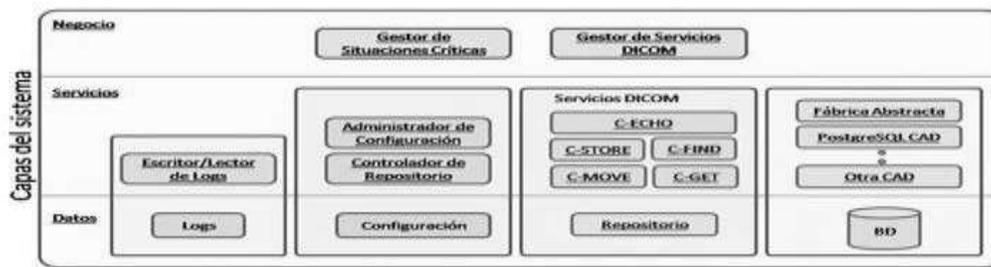


Fig. 3 Capas del Servidor de Imágenes.

La conexión en todo estilo en capas se realiza mediante los protocolos para la comunicación establecida en el ámbito de la aplicación. Es muy riesgoso el desarrollo en capas cuando no hay establecido un protocolo que permita la abstracción entre los desarrolladores de las diferentes capas. Además se pone en riesgo en mantenimiento y la extensibilidad del software. En nuestro caso y como se explica en el acápite dedicado a las comunicaciones se utilizan los protocolos de comunicación de DICOM y de los protocolos que DICOM incluye. Las restricciones topológicas del estilo pueden incluir una limitación, más o menos rigurosa, que exige a cada capa operar sólo con capas adyacentes, y a los elementos de una capa entenderse sólo con otros elementos de la misma; se supone que si esta exigencia se relaja, el estilo deja de ser puro y pierde algo de su capacidad heurística. Las formas más rígidas no admiten ni siquiera pass-through: cada capa debe hacer algo, siempre. [7]

A pesar de que el estilo de desarrollo en capas tiene detractores en el sentido de que puede afectar el rendimiento consideramos como cierto que en los casos donde existen definiciones amplias y sostenidas de los estándares de comunicación entre las capas estas dificultades se verán recompensadas con una elevada comprensión del funcionamiento del sistema. Además se obtiene como ventaja importante la posibilidad de reparar o sustituir una capa completa sin variaciones importantes en el código de las otras aún cuando no se haya conservado la pureza del estilo.

Sistema de Transmisión de Imágenes (Correo DICOM)

El esquema de interacción que plantea el subsistema de transmisión de imágenes es un poco más complicado pero pretende la simplificación de la operación de tele consulta para el médico. Este esquema.

Se basa en la transmisión punto a punto que establece DICOM como arquitectura básica de comunicación.

En una comunicación DICOM intra-hospitalaria dos estaciones se comunican en un esquema punto a punto que se detallará más adelante. En la interacción inter-hospitalaria se mantiene el mismo principio pero en una variante de comunicación servida. De manera que cuando dos estaciones de diferentes hospitales pretenden comunicarse, la comunicación se realiza a través de los servidores de trasmisión (intercambio) de cada hospital. Estos servidores poseen direcciones IP reales o públicas de que puedan verse entre si (establecer una conexión punto a punto) y que mantienen las listas de sus usuarios para re direccionar los mensajes en la forma en que lo haría un servidor de correo, pero en este caso enviando adjunto en el mensaje las imágenes médicas y siguiendo las especificaciones del estándar DICOM.

Escenario intra-hospitalario.

En dicho escenario los elementos se relacionan de la forma que se muestra en la Fig. 4; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** En ella se observa como existe un servidor de imágenes DICOM central en el hospital (Alas PACS Server), el cual es el encargado de almacenar, organizar y clasificar los estudios imagenológicos enviados, ya sea desde una modalidad diagnóstica o una estación de diagnóstico. Además, una vez que los estudios estén en el servidor pueden ser buscados y obtenidos desde las Estaciones (Alas PACS Viewer) para realizar el diagnóstico de los mismos.



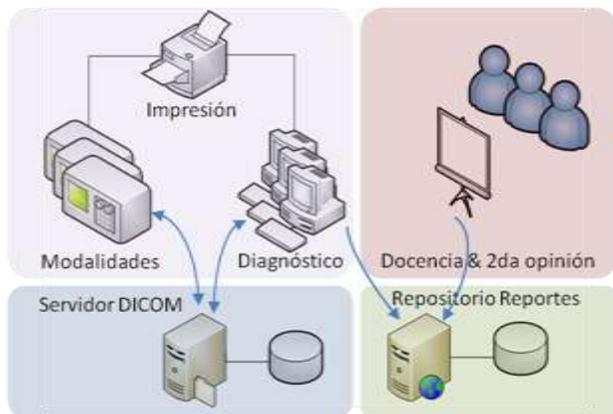


Fig. 4 Escenario intra-hospitalario.

Para buscar un estudio imagenológico existen diversos tipos de búsquedas que reducen los resultados insatisfactorios, agilizando la localización de los mismos. También cuando se requiere de una visualización especializada para algún caso muy específico o de determinado interés se pueden realizar estas acciones de búsqueda y obtención desde las propias Modalidades Diagnósticas (que lo soporten) lo cual permite devolver las imágenes hacia estos equipos para visualizarlos, con sus software especializados en los tipos de imágenes que ellos mismos obtienen y generan. De este modo el servidor DICOM permite un flujo completo de las imágenes entre las distintas Modalidades y las Estaciones de Diagnóstico Alas PACS Viewer.

Otro elemento importante es el reporte o informe realizado como resultado del diagnóstico de un estudio imagenológico de un paciente determinado. Este una vez efectuado en una Estación de Diagnóstico Alas PACS Viewer puede ser enviado hacia el Repositorio de Reportes parte de Alas PACS RIS, donde se almacenará de manera clasificada. Luego en un futuro se podrán efectuar búsquedas de estos reportes con fines de consulta o docencia. Este es un sistema Web que permite entre otras cosas expandir las fronteras de acceso a esta información.

Estos documentos contienen datos personales del paciente, información diagnóstica confidencial por lo que la exposición hacia el exterior de este sistema de Reportes es decisión de cada Hospital; pero el propio sistema implementa los protocolos del nivel de seguridad Web estándares para zonas de Internet, lo que permite una debida identificación y autorización de los usuarios que ingresen al mismo, asegurando los reportes, de lecturas o alteraciones no autorizadas.

De este modo las distintas Modalidades Diagnósticas, las Estaciones de Diagnóstico, las Estaciones de Revisión Clínica, situadas en todos los departamentos del hospital y cualquier otro dispositivo imagenológico DICOM 3.0 compatible quedan integrados, permitiendo flujos completos de trabajo que abarcan desde la realización del estudio imagenológico de un paciente, hasta la recogida de los resultados por este, o incluso la revisión de estos resultados en los demás departamentos del hospital por otros especialistas autorizados.

Escenario inter-hospitalario.

Las características del Sistema Nacional de Salud Cubano, permiten y exigen el establecimiento de interacciones entre instituciones hospitalarias basadas en relaciones de colaboración y no de competencia, razón por la cual el desarrollo de sistemas PACS en nuestro país, debe tener presente las crecientes necesidades de intercambio de imágenes intra y extra hospitalarias. La necesidad de que este tipo de intercambio tenga lugar conforme lo establece el estándar DICOM ha quedado clara. Aunque complejo en concepción e implementación, el estándar garantiza la integridad, confiabilidad y seguridad de los datos durante la transmisión, lo que en cuestiones médicas es vital.

Sin embargo, proponer cualquier solución de software que involucre el conocimiento por parte de los médicos de técnicas



medianamente sofisticadas en la rama de la informática sería poco razonable.

Soluciones Actuales

Las aplicaciones o esquemas de transmisión de imágenes actualmente en uso dentro del Sistema Nacional de Salud Cubano, no brindan soluciones razonables y confiables.

1. Protocolo SMTP¹³ [45].
2. Direcciones IP publicas¹⁴.
3. Transmisión mediante Web Services.

La primera variante, consiste simplemente en enviar el(los) fichero(s) DICOM adjunto(s) a un simple correo electrónico. Esta solución primero que todo va contra el estándar, pues este esquema o modelo de transmisión no garantiza la seguridad, integridad, confiabilidad y confidencialidad de la información que viaja dentro del archivo DICOM. El protocolo SMTP se basa en el modelo cliente-servidor, donde un cliente envía un mensaje a uno o varios receptores. La comunicación entre el cliente y el servidor consiste enteramente en líneas de texto compuestas por caracteres ASCII¹⁵. Aunque en la actualidad se implementan numerosas políticas con el fin de elevar los niveles de seguridad y eficacia del servicio de correo electrónico, aún es factible su violación, lo que hace que su uso para el intercambio de imágenes médicas sea altamente criticado. [6]

Una solución de este tipo debe contemplar además la necesidad de comprimir y segmentar el(los) fichero(s) DICOM original(es), ya que resulta completamente inviable transmitir de una vez todo un estudio médico, el cual puede llegar a tener dimensiones extremadamente grandes. Este proceso suele ser muy engorroso, y lo más importante, no brinda garantías sobre la pérdida de información que puede ocurrir durante la compresión y partición del fichero original, tanto en la estación que transmite como en la que recibe. Sin mencionar los numerosos problemas que este tipo de transmisión pudiera acarrear, por razones de congestión o sobrecarga, en servidores de correo electrónico al servicio de instituciones médicas que presenten una alta necesidad de transmisión de imágenes médicas.

La segunda variante, aunque permitiría una solución acorde al estándar, es en extremo costosa. Distribuir una dirección IP pública a las estaciones que demanden efectuar transferencias de imágenes médicas, permitiría hacerlas visibles desde cualquier lugar de la red, logrando así el establecimiento de conexiones directas o punto a punto entre ellas. Siguiendo este esquema podrían establecerse conexiones como las que sugiere el estándar, y por consiguiente hacer factible todo el protocolo de intercambio que establece DICOM para sus ficheros. De esta forma la comunicación tendría todas las garantías de seguridad necesarias, sin embargo, resulta casi imposible para cualquier institución hospitalaria, distribuir una dirección IP pública a cada estación de trabajo que necesite en un determinado momento transmitir una imagen médica. Desde el punto de vista económico, esta solución es impracticable, sin mencionar los problemas de seguridad que esto pudiera ocasionar.

La variante de solución propuesta por Alas PACS DMail se presenta en un nuevo escenario donde se ven involucrados un número determinado y discreto de hospitales, dos como mínimo. No incluye cambios al escenario anterior intra-hospitalario, sino que es un peldaño superior en la integración de los elementos del Alas PACS. Adiciona un conjunto de nuevas posibilidades, que extienden las fronteras del Diagnóstico Imagenológico hacia las afueras del Hospital, explotando ese potencial que brinda la Telemedicina, en este caso la Consulta de Segunda Opinión.

¹³ Simple Mail Transport Protocol

¹⁴ Dirección IP sin proxy/firewall o con un NAT

¹⁵ American Standard Code for Information Interchange



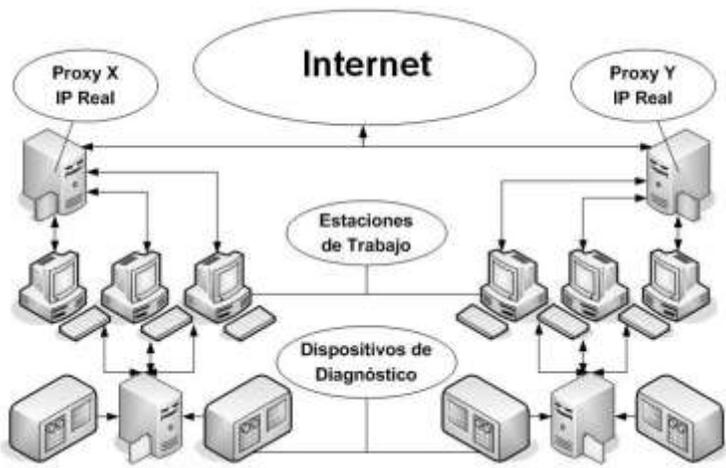


Fig. 5 Escenario inter-hospitalario

Como se puede observar en la Fig. 5 los elementos dentro del hospital permanecen relacionados de la misma forma. Pero se le adiciona un nuevo elemento a este modelo arquitectónico y es el servidor de intercambio de Alas PACS DMail.

Este subsistema debe estar instalado en una computadora con conexión al exterior en ambos hospitales, y actuará de mediador para el envío y direccionamiento de las imágenes desde la red interna de un hospital hacia la red interna del otro.

Este envío de las imágenes pese a que es DICOM 3.0 compatible en todos sus momentos, logra abstraer al médico de toda esta complejidad pues el sistema simula un simple cliente correo electrónico con los cuales la mayoría de los especialistas de la salud se encuentran bien familiarizados, en el cual se adjuntan las imágenes puntuales, una serie o todo un estudio si se desea.

A pesar de la simplicidad que le confiere a la transmisión de las imágenes, el sistema en ningún momento deja de lado las especificaciones del estándar para preservar la calidad de éstas; además, tampoco se olvida la seguridad de la transmisión, para la cuál se utiliza un canal con encriptación mediante SSL¹⁶, así como la anonimización de la información adjunta.

Para una mejor velocidad de transmisión se comprimen las imágenes adjuntas con el algoritmo de compresión sin pérdida RLE¹⁷, el cual ofrece buenos resultados en estos tipos de imágenes donde abundan los pixel negro [10], algunos resultados de ejemplo están en la tabla 1 **Tabla 1 Resultados de la compresión RLE.**

Tabla 1 Resultados de la compresión RLE.

Fichero Original	DICOM Comprimido	Tiempo
1 025 KB	179 KB	0.240 s.
6 557 KB	332 KB	0.701 s.
14 341 KB	1 829 KB	2.914 s.
24 579 KB	2 927 KB	4.696 s.
33 796 KB	3 407 KB	6.879 s.
44 584 KB	8 088 KB	9.683 s.
61 445 KB	1 768 KB	8.810 s.

¹⁶ Secure Socket Layer

¹⁷ Run-length encoding.



Los tiempos de compresión y descompresión son muy similares.

Pruebas de Transmisión

En el mes de septiembre del 2006, como parte de un acuerdo de colaboración entre nuestro país y la hermana República Bolivariana de Venezuela, se efectuaron numerosas pruebas de transmisión entre ambos países. El objetivo de estas últimas era probar el estado y disponibilidad de las comunicaciones entre ambas instituciones, como prueba piloto a fin de consolidar una posible política de intercambio de imágenes médicas entre los dos países. Las pruebas realizadas involucraron 3 instituciones, dos cubanas (la Universidad de las Ciencias Informáticas y el Hospital Cardiológico de la Habana William Soler) y una venezolana (el Hospital Cardiológico Infantil Latinoamericano Gilberto Rodríguez Ochoa, de la Ciudad de Caracas).

Las pruebas se realizaron exactamente el día 12 septiembre en el horario de la mañana. Se transmitieron imágenes de varios tamaños, equipos y equipos de adquisición. Una parte de los resultados obtenidos, representados en forma de gráfica, se presenta y comenta en el presente trabajo Fig..

En la gráfica anterior se relacionan los parámetros tiempo y tamaño de los ficheros transmitidos. Junto a cada una de las curvas aparecen nombrados los extremos de la asociación (transmisor-receptor), así como la velocidad promedio de transferencia. Como era de esperar, el tiempo de transmisión aumenta en la medida en que crece el volumen de información a transmitir. Sin embargo, a simple vista puede apreciarse que esta tasa de crecimiento no es constante, llegando incluso a ser en extremo irregular en algunas

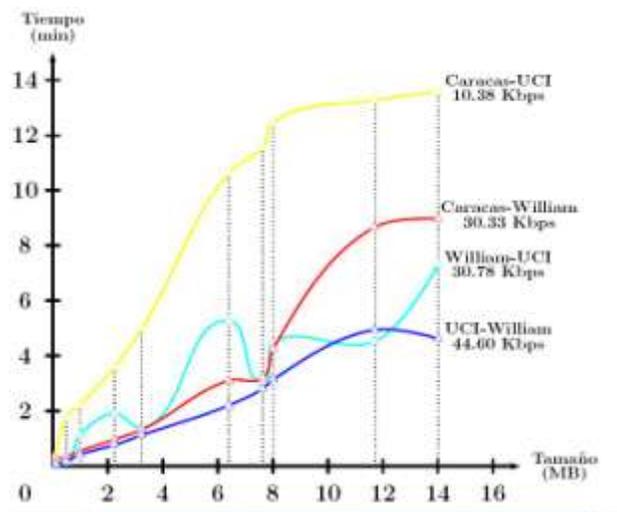


Fig. 7 Grafica de Transmisión

de las transmisiones. Dicha inestabilidad viene dada por un gran cúmulo de parámetros dentro de los cuales se pudieran mencionar el tráfico y congestión de la red, ancho de banda, horario de transmisión, topología y configuración de la red, etc. [6]

Conclusiones

La implantación de Alas PACS ha permitido una utilización eficiente de la tecnología imagenológica en los hospitales. Se puede observar que el trabajo se automatiza y perfecciona, lo que permite mejorar la atención al paciente y la calidad del diagnóstico radiológico.

Los especialistas pueden tener a su disposición una herramienta de buenas prestaciones, competitivo y muy a la par de otros sis-



temas que grandes compañías proponen. De este modo puede hacer diagnósticos más certeros que ayuden a un mejor tratamiento de los pacientes.

Referencias Bibliográficas

- [1] LEAD Technologies, Inc., "The DICOM Medical Imaging Standard." <http://www.leadtools.com/SDK/Medical/DICOM/dicomstnd.htm>. [Online]
- [2] NEMA., *DICOM Standard - Introduction and Overview*. s.l. : NEMA, 2007.
- [3] Farm, Shiprods., "DICOM - A Brief History." <http://www.dicomanalyser.co.uk/html/dicom.htm>. [Online] agosto 12, 2008.
- [4] Wikimedia Foundation, Inc., "Picture archiving and communication system." http://en.wikipedia.org/wiki/Picture_archiving_and_communication_system. [Online] septiembre 11, 2008.
- [5] Imaging., Stryker., "PACS Components." http://imaging.stryker.com/officepacs/shopping_pacsbasics.asp. [Online] 2007.
- [6] Bonal Cáceres, Rolando, González Diez, Héctor R. and Medina Riesgo, Pedro., "Sistema Cassandra, Arquitectura, principios y descripción técnica del producto." 2007.
- [7] Bonal Cáceres, Rolando., "Arquitectura del Sistema Cassandra PACS." 2007.
- [8] Larman, Craig., *UML y Patrones*. s.l. : Prentice Hall.
- [9] Lazaro Gonzalez, Yanoksy Durañona., "Servidor de Imágenes Médicas (Cassandra Server)." 2007.
- [10] Wikimedia Foundation, Inc., "Run-length encoding." <http://es.wikipedia.org/wiki/RLE>. [Online] agosto 20, 2008.

