

## Implementación de Sistemas PACS mediante redes P2P y almacenamiento en “la nube”

Luis Rodrigo Alvarez <sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9</sup>

<sup>1</sup> RAMAK SOFT, <sup>2</sup> Instituto del Diagnóstico SE, <sup>3</sup> Universidad Nacional de Santiago del Estero Dpto. Ingeniería Electrónica, <sup>4</sup> Universidad Nacional de Tucumán Dpto. Ingeniería Biomédica, <sup>5</sup> IEEE <sup>6</sup> IEEE EMBS <sup>7</sup> IEEE COMMSOC <sup>8</sup> IEEE PSES <sup>9</sup> IEEE Computer Society  
[rodrigoalvar@ramaksoft.com](mailto:rodrigoalvar@ramaksoft.com)

**Abstract.** El diagnóstico médico por imágenes representa en nuestros días, uno de los pilares fundamentales para el tratamiento de enfermedades. El presente trabajo describe la metodología e integración de tecnologías para acelerar la velocidad de transferencias de imágenes de alta calidad diagnóstica sin pérdida de información, sobre conexiones de datos de baja velocidad asimétricas; utilizando tecnología P2P. Logramos, de esta manera, vincular regiones geográficas diversas y equipamiento diverso.

**Keywords:** PACS, P2P, DICOM, Medical Imaging, Telemedicine, eHealth.

### 1 Introducción

En la actualidad, dentro del diagnóstico médico por imágenes, podemos observar que el uso de dispositivos móviles o bien computadoras, sirven para la labor diaria de los especialistas médicos; a través de Internet se hace más rápida y fácil la transferencia de imágenes para ser diagnosticadas por estos profesionales. Cualquier profesional, puede contar con imágenes en su dispositivo móvil para su visualización y diagnóstico a priori; lo que representa una ventaja incuestionable. La otra cara de esta realidad nos indica, que la transferencia a puntos geográficamente distantes, por medios normales de imagenología médica no es posible en los tiempos que son esperados para estudios con cientos de imágenes generadas por distintas modalidades de equipamientos médico (tomógrafo, resonador magnético, etc).

Un escenario típico para este “problema”, se puede observar a diario en los servicios de imágenes médicas de hospitales públicos, con equipamiento moderno (tomógrafos multicorte, rnm 1.5t) y la imposibilidad de enviar grandes cantidades de información (800mb-1.2gb) a centros médicos a través de Internet. (Ej. Htal. Niños SDE → Htal. Garrahan).

El presente trabajo describe, la implementación de técnicas y tecnología utilizadas, para el mejoramiento de las tasas de transferencia de grandes volúmenes de imágenes generadas por equipamiento médico de imágenes moderno en diferentes modalidades

DICOM –Digital Imaging and Communication in Medicine- (CT, MR, CR, etc.), y sus ventajas “colaterales”.

### **1.1 Paradigmas dominantes**

En la actualidad el estándar de transmisión y almacenamiento para imágenes médicas se denomina DICOM[1]. Su formato de almacenamiento (.dcm), contempla la integración de imágenes, datos de adquisición, protocolos utilizados para el estudio realizado, tipo de equipamiento e informe adjunto realizado por el médico informante; entre otras cosas. DICOM es también el protocolo utilizado para las comunicaciones entre los diferentes equipamientos que componen una red DICOM [13] propiamente dicha: SCP [8], SCU, PACS [12], DICOM printers, DICOM routers, Workstations.

La creciente incorporación de modernos equipos de imágenes médicas requiere la explotación de sistemas capaces de almacenar, transmitir y visualizar imágenes, PACS (Picture Archiving and Communication System) a través de redes digitales para brindar servicios de salud con mayor calidad. Estos sistemas revolucionaron la radiología basados en técnicas digitales actuales, comunicaciones, visualización y tecnologías de la información.

La comunicación y/o transferencia entre los distintos “actores” de una red DICOM, se realiza sobre IP (Internet Protocol) como estándar y en la metodología Cliente/Servidor; dónde DICOM crea una red superpuesta para el enlace tanto LAN (Local Area Network) como WAN (Wide Area Network).

### **1.2 Cambio de paradigma de comunicaciones**

En el presente trabajo describimos la posibilidad de cambiar el paradigma Cliente/Servidor por uno P2P (peer to peer), logrando de esta manera ventajas considerables en cuanto a velocidad, redundancia y seguridad; mediante redes superpuestas sobre IP, locales y a distancia. Y sus ventajas “colaterales” como ser almacenamiento en “la nube”, logrado gracias a la distribución de los datos.

## **2 Materiales y Métodos**

### **2.1 Problemática**

El estándar DICOM lleva casi 2 décadas como fundamento de las comunicaciones entre equipamiento médico de imágenes, y por lo tanto fue concebido sobre la arquitectura de comunicaciones en red cliente/servidor, ya dominante por esos días.

Las desventajas de este modelo, y en la cual se fundamenta el cambio propuesto son:

- Congestión de tráfico: gran cantidad de clientes envían peticiones simultáneas al servidor, por lo tanto el ancho de banda disminuye.
- Cuando el servidor está caído las peticiones no pueden ser satisfechas.
- Software y Hardware muy determinante; ambos son específicos.

- Única conexión de salida a Internet con velocidad de subida reducida (asimétrica).
- Topología en “estrella”

Los sistemas PACS (servidor) y Workstation (clientes de visualización), cuentan con una arquitectura cliente/servidor para sus bases de datos, dónde se almacenan los datos de los estudios realizados a cada paciente (datos demográficos, imágenes, audio, videos, informes médicos, historia clínica); todo esto reside del lado servidor, mediante una relación 1:n. Por lo tanto, se dificulta poder distribuir este servicio o su réplica dado que “el estado del arte” de los mismos lo impide por métodos comunes al usuario.

Las conexiones entre nodos (servidores y clientes), al ser realizadas por líneas ADSL (bajo costo), tienen la desventaja de ser asimétricas (velocidad de subida < velocidad de bajada) y ser la velocidad de download mayor a la de upload; por otro lado son propensas a “cuellos de botella”.

## **2.2 Características P2P**

Las redes P2P se encuentran formadas por aplicaciones P2P, que son aquellas que intercambian o hacen uso compartido de recursos (capacidad de procesamiento, almacenamiento, archivos, etc.) y que son distribuidos en máquinas con acceso a Internet. La característica principal del P2P, es la ruptura del paradigma tradicional cliente/servidor; los equipos según esta arquitectura, son clientes y servidores al mismo tiempo. Las operaciones se realizan a nivel de aplicación y no a nivel de red (modelo OSI – Open System Interconnection-)

Dado este esquema de comunicaciones P2P, el tráfico que inducen sus componentes, se caracteriza por su simetría en entornos cerrados de usuarios; ya que el tráfico recibo por un usuario (peer), es y fue inyectado por los demás usuarios del grupo.

Montado una infraestructura de servicio de archivos DICOM, se pueden conectar clientes P2P sin requerimientos y/o características especiales.

## **3 Implementación y Desarrollo**

### **3.1 Software**

Para la realización de este cambio de paradigmas en cuanto a funcionamiento y comunicaciones entre aplicaciones, se tomó como base el trabajo del equipo de DICOOGLE y la modificación a nuestra conveniencia del código fuente de la aplicación (disponible desde la web del desarrollador).

### **3.2 Descripción**

Se procedió al desarrollo de un broker (interfaz de traducción entre sistemas) para la comunicación entre el servidor PACS central y el sistema de distribución P2P.

Se cuenta con 3 líneas de Internet ADSL asimétricas de 3mbps/800kbps, lo que nos permite dar disponibilidad de 3x a los archivos distribuidos del PACS central para los clientes de nuestra red.

El servidor PACS central o principal recibe y almacena las imágenes de las distintas modalidades (CT, MR, CR, etc) sin cambios en su funcionamiento.

Se montan 3 servidores adicionales con brokers para realizar las peticiones al servidor central; cabe destacar que las comunicaciones entre estos servidores y el central son en LAN y por líneas de 1 Gigan; lo que garantiza la correcta latencia en las comunicaciones.

### **3.3 Funcionamiento**

Los clientes de la red P2P se conectan con la red central mediante tecnología VPN con seguridad AES 256 bits, de esta manera se asegura la entrada y salida de los clientes y la confidencialidad de los datos DICOM. Cada cliente cuenta con una versión de conexión a los broker de los servidores de replicación de la red, dónde realizan las consultas a la base de datos central del PACS y de ser necesario, recuperan los estudios que se descargan desde la red principal. La búsqueda se realiza en la base de datos central (que fue distribuida y actualizada en cada servidor de replicación) y los archivos solicitados son transferidos desde el PACS central a los PACS replicantes; de esta manera se puede triplicar la velocidad de conexión de descarga desde los clientes P2P de PACS DICOM. Los archivos descargados a los clientes, de esta manera, quedan disponibles para también ser consultados y escalando la velocidad de descarga hacia otro cliente que los solicite. Con esta metodología de funcionamiento, se utilizan las líneas de Internet de cada cliente para ser usados también como servidores, se asegura un backup funcional y distribuido de los estudios del PACS central.

Los servidores de replicación reciclan sus datos en períodos de tiempo determinado y basados en estadísticas de uso de los archivos; sólo se utiliza éste método para resguardar la cantidad de espacio que cada uno de los servidores contiene. De esta manera la cantidad total de datos la guarda el PACS central y los replicantes sólo solicitan los datos a transferir. Esta funcionalidad es totalmente configurable.

Cabe destacar que el servidor central cuenta con sistemas de backup online y puesta en funcionamiento inmediata.

En conexiones móviles también se ve un incremento en la tasa de descarga dado por la replicación desde diferentes IPs (servidores replicantes) y en caso de contar con clientes con los datos solicitados, se adicionan las capacidades de descarga dados por la velocidad y capacidad de descarga de la conexión.

La configuración de los clientes se realiza, como se expuso anteriormente, mediante una red VPN superpuesta a la red P2P/IP; por lo tanto el servidor VPN maneja las conexiones y cada cliente y servidor “conocen” las direcciones IPs de cada integrante de la red y el estado de la base de datos. Si un cliente P2P no cuenta con los archivos solicitados, puede pedirlos al PACS central a manera de “chunks” o trozos y comenzar a tener disponibles estos trozos de información para acelerar la descarga hacia otros clientes; no es necesario que estos chunks sean consecutivos a la descarga principal.

### **3.4 Seguridad**

La interconectividad entre pares de la red P2P, se realiza mediante tunel VPN con cifrado AES 256 (Advanced Encryption Standard). Dichos pares, se registran en el sistema por acceso web por intervención del administrador del sistema y con las versiones clientes del VPN previamente instalados en cada uno de los “actores” del sistema para intercambio de datos. A cada integrante de la red se le otorga una IP VIRTUAL (otorgada por el sistema VPN), la cual es fija y única para cada equipo. De esta manera, los datos solamente son accesibles como dijimos anteriormente a cada integrante registrado y aceptado al sistema.

### **3.5 Redundancia**

Una vez que los archivos de los estudios DICOM han sido “subidos” a la red P2P, quedarán disponibles en cada uno de los pares del modelo y de esta manera, se incrementa la disponibilidad de los mismos.

## **4 Consideraciones Generales**

Dada la asimetría característica de las líneas ADSL, se puede establecer que el “cuello de botella” de las redes P2P, es la velocidad de subida de la conexión y no la velocidad de bajada. Esto se confirma por medidas en las que se observa que el tráfico medio por usuario crece levemente al duplicar el ancho de banda de bajada sin aumentar el de subida. Sin embargo, las duplicaciones de la velocidad de subida de las líneas ADSL pueden suponer un incremento del tráfico P2P, en tanto que es este enlace, y no el de bajada, el que está actuando como cuello de botella en la actualidad. Argentina está en el lugar 109° en un ranking mundial elaborado por una empresa norteamericana que evalúa la velocidad de descarga promedio a través de banda ancha.

## **5 Conclusiones**

Se cambió una metodología de transferencia de archivos DICOM a través de PACS cliente/servidor a una arquitectura o paradigma P2P; buscando una mejora en la velocidad de transferencia de datos DICOM desde ubicaciones geográficas distantes con líneas ADSL comunes; con el último fin de poder servir en la labor diaria para el diagnóstico médico por imágenes por profesionales especialistas en distintas especialidades; sin importar el volumen de datos a transferir.

Como resultado inmediato de esta implementación, se consigue triplicar prácticamente la velocidad de transferencia con la posibilidad de escalar esta tasa de

transferencia en base a la cantidad de clientes conectados y brindando el servicio de distribución de archivos DICOM a una red P2P controlada y segura; donde la velocidad de descarga será el condicionante a mayor cantidad de clientes en la red conectados.

El tiempo medio de descarga solamente se reduce de forma significativa cuando aumenta el ancho de banda de subida. Como el tiempo medio entre peticiones de archivos está estrechamente relacionado con el tiempo medio de, éste también se reducirá, de manera que el tráfico ofrecido a la red por cada usuario aumenta. De esta forma, se justifica que, sin haber variado ni el patrón de comportamiento ni el número de usuarios, haya aumentado de forma proporcional el tráfico intercambiado (por ejemplo, doblando el ancho de banda de subida, aproximadamente se duplicaría el tráfico). El impacto de la duplicación sobre los tiempos de descarga es todavía más significativo, ya que se reducen de forma más que proporcional al aumento de ancho de banda (por ejemplo, doblando el ancho de banda de subida, el tiempo de descarga se reduciría a bastante menos de la mitad).

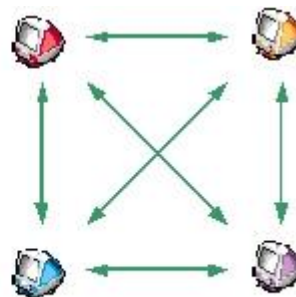
Dependiendo de la modalidad DICOM (cantidad de imágenes por estudio y megapixels) y la conexión utilizada por el cliente (3g,wifi,ADSL), se tendrán diferentes tasas de transferencia para la descarga completa del estudio médico. Sin embargo, las velocidades generales y relativas a cada modalidad de estudio, se incrementan exponencialmente.

## 6 Gráficos



**Modelo cliente-servidor**

Figura 1 – Paradigma cliente-servidor



**Modelo P2P**

Figura 2 – Paradigma P2P

## 7 Referencias

<http://www.dicoogle.com/>

- Carlos Viana-Ferreira, Carlos Costa, José Luís Oliveira “Dicoogle relay – a cloud communications bridge for medical imaging”, 25th IEEE International Symposium on Computer-based Medical Systems 2012.
- Carlos Viana-Ferreira, Daniel Ferreira, Frederico Valente, Eriksson Monteiro, Carlos Costa, José Luís Oliveira “Dicoogle Mobile: a medical imaging platform for Android”, XXIV Conference of the European Federation for Medical Informatics 2012
- Milton Santos, Luis Bastião, Carlos Costa, Augusto Silva, Nelson Rocha “DICOM and Clinical Data Mining in a Small Hospital PACS: A Pilot Study”, Conference proceedings CENTERIS 2011
- Dicoogle – an Open Source Peer-to-Peer PACS, Carlos Costa, Carlos Ferreira, Luís Bastião, Luís Ribeiro and Augusto Silva, et al., Journal of Digital Imaging, October 2010, DOI 10.1007/s10278-010-9347-9
- Indexing and retrieving DICOM data in disperse and unstructured archives, Carlos Costa, Filipe Freitas, Marco Pereira, Augusto Silva and José L. Oliveira, International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 2009, Volume 4, Number 1, Pages 71-77.

