

## Implementación de una red de teleimagenología DICOM RIS/PACS local y a distancia utilizando software libre

L R Álvarez<sup>1</sup>, R C Vargas Solis<sup>2</sup>

Universidad Nacional de Tucumán<sup>1,2</sup>  
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología<sup>1,2</sup>  
Departamento de Ingeniería Biomédica<sup>1,2</sup>  
Instituto del Diagnóstico SE<sup>1</sup>  
RAMAK SOFT<sup>1,2</sup>

*Email:* [rodrigoalvar@ramaksoft.com](mailto:rodrigoalvar@ramaksoft.com)

**Resumen.** 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.

Uno de los grandes problemas que se presentan en instituciones que trabajan con Diagnóstico por Imágenes (Dx) en su red informática o de interconexión de equipos, son los “cuellos de botella” ocasionados por el alto flujo de datos en la red. Este flujo está dado por la transferencia de imágenes en formato DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) hacia los distintos dispositivos que componen una red DICOM, los denominados Service Class Users (SCU) y Service Class Providers (SCP).

El presente trabajo describe el desarrollo e implementación de una red de imágenes médicas utilizando software libre y su compatibilidad con red de datos propia de un sistema RIS (Radiology Information System). Se describen técnicas utilizadas para la interconexión de nodos locales en una LAN (Local Area Network) a distancia WAN (Wide Area Network) via Internet y WLAN (Wireless Area Network).

### 1. Introducción

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.

El avance de los desarrollos en materia de software libre, está permitiendo que este estándar (libre), pueda ser utilizado en cualquier parte del mundo, realizando una mínima inversión en equipamiento informático-médico dedicado. Las ventajas de poder acceder a esta tecnología se ven reflejadas por ejemplo en el envío de imágenes médicas para un diagnóstico segunda opinión, desde centros de

mediana complejidad a centros de alta complejidad y contar así con un diagnóstico más preciso de un profesional especialista en diagnóstico médico.

## **2. Materiales y métodos**

### *2.1. Problemática*

El presente, refleja el trabajo realizado en materia de diseño, diagramación e implementación de una red de teleimagenología para un centro de diagnóstico médico por imágenes ubicado en la provincia de Santiago del Estero. Y cómo se logró la interconexión y envío de imágenes a través del estándar DICOM a centros de diagnóstico médico ubicados en las provincias de Tucumán y Córdoba.

El Instituto del Diagnóstico SE (IDDSE), que inicia actividades en 1998, contaba en sus principios con una red de computadoras, vinculadas mediante cable coaxial RG 58, que servía a los fines de albergar un sistema de gestión de datos de pacientes, informes y facturación. Si bien esta tecnología era la “adecuada” para la época, no estaba exenta de los problemas habituales que se presentaban por la topología en bus de su diseño en la red. Ejemplo: si una de las placas de red dejaba de funcionar, se paralizaba toda transferencia en red que pudiera haber.

En el año 2004 se decide migrar hacia una tecnología de red más moderna, dada por el estándar TIA (Telecommunication Industry Association)/EIA (Electronic Industries Alliance) 568B. Bajo esta norma internacional se contempla el uso de cable UTP (Unshielded Twisted Pair) categoría 5e, el uso de switches en vez de hubs, capaces de tener interconectados equipos de distintas velocidades de transferencia, sin que ello dictamine el desempeño global de la red. La topología se cambió a estrella y con esto se solucionaron los problemas de conectividad propios del cable coaxial [10], [11].

En 2009, y ante la incorporación de nuevo equipamiento médico de última generación, que ya contaba con DICOM como protocolo de transmisión y almacenamiento por defecto; la red que se diseñó para albergar una infraestructura estática, se vio colapsada y por eso se decidió, una vez más contar con una base tecnológica de transmisión de datos acorde a las necesidades de la tecnología médica más moderna. Se implementa así una red según normas internacionales TIA/EIA 568B con cable UTP categoría 6, teniendo en cuenta también los apartados de la norma en cuanto al cableado estructural y siguiendo los lineamientos dados por empresas líderes en el mercado de telecomunicaciones en cuanto al uso de equipamiento adecuado para transferencia de datos (imágenes) de alto volumen y gran tamaño.

### *2.2. Fundamentación del trabajo realizado*

El diseño de la nueva red, tuvo en cuenta los parámetros adecuados para su implementación, siguiendo los requerimientos propios de la institución además de las normas [4], [5] adecuadas para las instalaciones eléctricas para equipamientos médicos; ya que estos equipos están conectados a la red DICOM y una correcta instalación eléctrica asegura la no presencia de corrientes parásitas en las comunicaciones que pueden ocasionar problemas de time out entre los equipos emisores y receptores.

Paralelamente a esta red DICOM planteada se encuentra el sistema informático con el que la institución cuenta para llevar el registro, control de los pacientes y sus informes como producto final de los procesos en las distintas áreas. El sistema informático propiamente dicho, pasó de ser simplemente un ABM (Altas – Bajas – Modificaciones) de datos demográficos y así como también un ABM de datos de facturación a un sistema RIS, donde desde el ingreso del paciente se siguen los procedimientos para cada sector que derivarán como resultado final la entrega del informe al paciente, como producto final de los procesos en esta cadena.

Los problemas mencionados en cuanto a time out entre los equipamientos, son los que prevalecen en tecnologías de red UTP. En este caso se veían ralentizadas las comunicaciones de los terminales RIS con el servidor de datos, lo que ocasionaba la pérdida de información. Sin embargo se hacía más evidente este problema cuando se intentaba realizar un envío de datos desde los equipos de

adquisición de imágenes por ejemplo: Rayos X digital (Rx), Tomografía Axial Computada (TAC), Resonancia Magnética Nuclear (RMN) o Mamografía hacia los PACS para su almacenamiento, como así también hacia las DICOM printers.

### *2.3. Equipamiento utilizado*

La selección del equipamiento de red utilizado para esta nueva implementación de la red DICOM, se realizó dentro de primeras marcas mandantes en la actualidad en tecnologías de red y almacenamiento: servidores HP, switches 3Com, routers 3com, cables AMP Netconnect, fichas de conexión AMP, etc. La elección de este tipo de material es determinante para el adecuado funcionamiento y un rendimiento elevado de las comunicaciones. Si bien, los costos de los materiales, no fueron un determinante para sentar los fundamentos sobre los cuales funcionan las demás tecnologías; sí estábamos en condiciones para lograr esta inversión gracias al conocimiento reunido durante estos años sobre la utilización de software libre para el manejo del formato y del protocolo DICOM.

El equipamiento médico con el que actualmente cuenta la institución se basa en 2 ecógrafos, 2 mamógrafos, 2 tomógrafos, 1 resonador magnético, 2 equipos de Rx, 2 digitalizadores Rx, 1 cámara gamma, 2 equipos de neurofisiología (EEG-EMG-PE); 2 impresoras de placas. El sistema de almacenamiento PACS está conformado a su vez por 2 servidores. 1 Workstation iMac 24" para procesamiento de imágenes de TAC y RMN.

El parque de terminales para el sistema RIS se compone de 37 equipos. El Data Center está compuesto por 4 servidores que comandan las comunicaciones y el almacenamiento de datos administrativos, sistema RIS y sistema PACS; como así también las comunicaciones que se realizan con el exterior de red interna.

### *2.4. Red de área local (LAN)*

Hardware: La red de área local se encuentra diseñada bajo la topología de árbol, donde se cuenta con 1 switch en cascada (desde el switch central) [6], se utilizaron 2 backbones desde la sala de Data Center hacia un sector del instituto, el cual tiene conectados los servicios de ecografía, mamografía y sector de entrada de recepción. Se diseñó de esta manera para permitir una mayor velocidad en la transferencia de las imágenes mamográficas (de mayor peso en Mbytes) y evitar posibles cuellos de botella durante transmisiones simultáneas. Si bien se transmite y recibe a velocidades de 1 Giga, fue la opción mejor acogida durante el diseño.

El resto de las conexiones dependen directamente del switch central.

Software: el software utilizado como Sistema operativo es Linux. Kubuntu [25] como sistema operativo para las workstations y Ubuntu [26] Server 64 bits con KDE como manejador de ventanas para el servidor X.

### *2.5. Topología de red*

La topología de red utilizada es árbol, con 1 rama; pudiendo ser escalada a varios nodos o ramas más con diferentes niveles de profundidad. Se utilizaron bandejas de metal para el correcto y fácil despliegue de los cables y pensando en la convivencia de la red de telefonía. En los lugares cercanos a líneas de alta tensión se utilizaron las mismas bandejas cerradas y caños de hierro para aislante y escudo.

### *2.6. Red de área extendida (WAN-WMAN)*

Hardware: La conexión WAN [28], destinada a la interconexión de los centros de diagnóstico de Córdoba y Tucumán, se realiza a través de internet con 2 líneas de 850 Kbps para upload, combinadas con tecnología de balanceo de carga de red.

WMAN (Wireless Metropolitan Area Network) [7]: se instaló además un enlace punto a punto (PPP) inalámbrico, entre el centro de diagnóstico central y el servicio de Hemodinamia; el enlace se realizó mediante equipos de 5.8Mhz de 150Mbps de ancho de banda; suficiente para poder enviar la salida de datos digital de un tomógrafo, dicommizarla (mediante este proceso se convierte la señal digital del equipo a un objeto DICOM) y realizar el enlace con este tipo de datos en una impresora remota (centro de diagnóstico principal), donde se imprimen los estudios para ser diagnosticados.

Software: se utiliza tecnología de VPN [20] (Virtual Private Network) para la interconexión de redes externas con la red interna para brindar el servicio de PACS Server a los clientes externos. De esta manera se pueden consultar las listas de estudios para descargar y poder realizar el diagnóstico. No se deja de lado la seguridad puesto que las redes VPN montadas cuentan con seguridad [9] provista por algoritmos de compresión AES 256 bits (Advanced Encryption Standard, seguridad tipo militar).

### *2.7. Conectividad de centros de diagnóstico a distancia*

La conectividad con los centros de diagnóstico a distancia se realiza mediante las líneas convencionales de internet disponibles; pero se tomaron medidas de seguridad, disponibilidad y velocidad para el correcto funcionamiento de los envíos y recepciones de los estudios y los informes médicos.

Estas medidas de seguridad se corresponden con algoritmos de codificación de los datos en tiempo real para el envío y la recepción de los datos; esto está dado por el software VPN utilizado; se emplean claves de seguridad privada y solamente son activadas de manera remota desde el lado del servidor, no pudiendo ingresar clientes no permitidos.

Disponibilidad: se tomaron en cuenta la contratación de varios servicios de internet tanto por cable como por sistema 3G (para casos excepcionales de emergencia cuando no se dispone de los sistemas de cable) el cual se prevé la implementación de un sistema de compresión en tiempo real para envío y recepción de los datos que optimiza la transmisión en un 40% (Traffic Squeezer). Los sistemas son 2 sistemas de 6 megas de bajada y 850 Kbps de subida ADSL, 1 servicio de 3 megas de bajada por cablemodem y 1 servicio de backup 3.5G.

Velocidad: la velocidad de subida, que es la que nos interesa en mayor medida, se encuentra configurada mediante un sistema de balanceo de carga de red, pudiendo salir para upload en forma simultánea y combinando ambas velocidades para el cliente de descarga. Este sistema sirve tanto para VPN como para FTP (File Transfer Protocol). No se implementa email debido a las limitaciones conocidas del protocolo.

### *2.8. Software RIS – PACS – DICOM*

Dentro del software utilizado en la institución se encuentran:

- RIS: sistema desarrollado a medida con módulos de admisión de pacientes, informes por servicio (ecografías, TAC, RMN, cámara gamma, mamografía, Rx.), facturación, contabilidad, interface DICOM mediante Modality Worklist; grabación de audio para dictado de informes, módulo de reconocimiento de voz. Módulo de almacenamiento y administración de dictados.
- PACS: el sistema PACS reside en un servidor LINUX, utilizando software libre para su almacenamiento y consulta, dcm4chee [16], [17] y clientes libres para LINUX: Mayam; en Windows: K-Pacs [23], [27]. También se utilizan workstations iMac con Osirix [18] para almacenamiento, consulta y visualización.

- DICOM: dentro de este apartado, se incluyen los dos anteriores, como así también analizadores de rendimiento DICOM para garantizar el alto rendimiento de la red y evitar “cuellos de botella”. Para el análisis también se cuenta con software libre: PACSPulse.

### *2.9. Alternativas libres de software utilizado*

Dentro de las alternativas de software libre, hoy en día podemos encontrar varias opciones tanto para Windows como para Linux; K-Pacs, Clearcanvas [29], DICOMScope, Conquest, DICOM Offis [3], DCMTK [2], [15], dmc4chee, Mayam. En este apartado también incluimos una breve descripción de software que se utiliza para acceso remoto, pudiendo visualizar en tiempo real los equipos para asistencia técnica inmediata. Cabe destacar que este tipo de software si bien nos sirve para realizar tareas de mantenimiento no son recomendables para realizar diagnósticos médicos por imágenes, dado que los algoritmos de compresión y transferencia no se comparan en calidad a DICOM. Algunas de las técnicas y algoritmos que utilizan este tipo de software pueden ser nombradas: Video Hook Driver, Vector quantization, Raster image transfer. Durante la compresión para la transferencia de las imágenes (datos), se pierden datos (calidad); dando lugar a imágenes (de los estudios) con pérdidas. Si por el contrario se opta por un algoritmo que favorezca la calidad, la velocidad de transferencia disminuye y en estos casos vemos que es conveniente utilizar métodos de compresión aplicables sobre los archivos DICOM que a imágenes individuales, las cuales no se comparan a las del formato de imágenes médicas. Y es por esta razón que, según nuestra experiencia, las tecnologías en equipamiento siguen siendo las adecuadas para su uso.

### *2.10. Sistemas de monitoreo de red*

Los sistemas para monitoreo y consulta de red, son imprescindibles para lograr un servicio de clase profesional; con esto se pueden predecir futuras caídas en el rendimiento de la red DICOM, como así también en la red de archivos del sistema RIS que conviven bajo la misma infraestructura.

Se utilizan PACSPulse para monitoreo de la red DICOM [14], DICOM Network Analyzer [19], [22], Ntop, NetFlow. De esta manera se cuenta con un panorama ampliado y preciso tanto de los protocolos habituales utilizados como así también para el protocolo DICOM en particular. Otro de los utilizados es WireShark [21], Nmap [24] para descubrimiento de redes.

### *2.11. Disponibilidad*

Para lograr una disponibilidad con un 99% en la red, se cuenta con medidas de seguridad en cuanto a la tecnología electrónica como a la parte de software: en cuanto a la electrónica se cuentan con switches de reemplazo temporario para suplantar cualquiera de los equipamientos en caso de un mal funcionamiento (se monitorean mediante SNMP –Simple Network Management Protocol), sistemas UPS (Uninterruptable Power Supply) online con filtros de línea carga y voltaje. Se cuentan también con 2 servidores de reemplazo para suplir en forma inmediata a los servidores principales. En la parte software, 1 servidor de backup realiza las tareas automatizadas de backup de archivos y backup de volúmenes online. Un servidor de virtualización es el encargado de correr con la carga de alguno de los servidores o ambos principales para estar en línea en el menor tiempo posible. Este servidor cuenta con las copias digitales de los sistemas instalados y es capaz de activarse en caso de fallo de uno de los servidores principales y poner a correr la copia virtual de cualquier servidor.

### 2.12. Rendimiento

Se puso especial énfasis en cuanto a lograr un rendimiento más que aceptable en la red, por este motivo se utilizaron equipos de alta confiabilidad y de marcas reconocidas y líderes en el mercado. El software utilizado corre bajo sistemas operativos ampliamente difundidos y bajo el soporte de una gran comunidad como lo es la del software libre.

### 3. Conclusiones

Para llevar adelante un proyecto de implementación de una red de imageneología médica, se deben tener en cuenta algunos aspectos que para otros tipos o necesidades de redes informáticas no se toman en cuenta. Se logró utilizar equipamiento de primera línea para la infraestructura de base en la red (switches, cables, conexiones, servidores); de esta manera se logra un alto rendimiento gracias a la electrónica utilizada. Debemos tener en cuenta que la inversión en electrónica para la red se llevó a cabo gracias a una reinversión del presupuesto destinado a equipamiento informático; no se utiliza software comercial en el 95% de los equipos de la red, lo que nos permite reinvertir en tecnología no reemplazable de alto rendimiento.

### 4. Agradecimientos

Instituto del Diagnóstico (Santiago del Estero), Hemodinamia Integral SRL (Santiago del Estero), Instituto Roentgen Córdoba, Instituto Méndez Collado (Tucumán). Dr. Luis E. Milet, Dr. Ernesto E. Alvarez, Dr. Eduardo E. Cosci. Ing. Guillermo Neme, Dr. Raul Federico Pelli Noble.

### References

- [1]. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) published by National Electrical Manufacturers Association, 1999.
- [2]. DCMTK - DICOM Toolkit, source code and documentation, executable binaries, OpenSSL based security extensions, support libraries for Windows, 2011.
- [3]. OFFIS DCMTK Documentation, Version 3.6.0.
- [4]. ISO (International Organization for Standardization), ISO 9001:2008.
- [5]. ISO (International Organization for Standardization), ISO 13485:2003
- [6]. Routing and Switching (CCNA), CISCO
- [7]. CCNA Wireless Certification, CISCO
- [8]. CCNA Service Provider Operations Certification, CISCO
- [9]. CCNA Security Certification, CISCO
- [10]. Internetworking Technology Handbook- CISCO
- [11]. CISCO CCNA Exploration v4, CISCO
- [12]. PACS and Imaging Informatics. Basic Principles and Applications. H. K. Huang, D.Sc., FRCR (Hon.). Professor of Radiology and Biomedical Engineering, University of Southern California, Los Angeles. 2004 - 2010 John Wiley and Sons.
- [13]. Oleg S. Pinykh. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). 2008 Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [14]. <http://www.dvdk.org/>
- [15]. <http://dicom.offis.de/dcmtk.php.en>
- [16]. <http://oviyam.raster.in/>
- [17]. <http://www.dcm4che.org/>
- [18]. <http://www.osirix-viewer.com/>
- [19]. <http://sourceforge.net/projects/pacspulse/>
- [20]. <https://secure.logmein.com/products/hamachi/?lang=es>

- [21]. <http://www.wireshark.org/>
- [22]. <http://sourceforge.net/projects/dvt/files/DICOM%20Network%20Analyzer/>
- [23]. <http://www.k-pacs.de/>
- [24]. <http://nmap.org/>
- [25]. <http://www.kubuntu.org/>
- [26]. <http://www.ubuntu.com/>
- [27]. <http://www.xs4all.nl/~ingenium/dicom.html>
- [28]. <http://www.trafficsqueezer.org/>
- [29]. <http://www.clearcanvas.ca/>