

Referencias

Auconet. (s.f.). *Solutions bics for security*. Obtenido de Auconet.com: <https://auconet.com/solutions/bics-for-security>

Cisco. (s.f.). *Cisco Identity Services Engine*. Obtenido de Cisco: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/security/identity-services-engine/index.html>

Extreme TM. (2019). *ExtremeControl*. Obtenido de Extreme Networks: <https://extremenetworks.com>

Forescout. (s.f.). *Plataform Counteract*. Obtenido de Forescout : <https://www.forescout.com/platform/counteract/>

Impulse. (2019). *Safe Connect*. Obtenido de Impulse: <https://impulse.com/>

Opennac. (s.f.). *Open Source Nac Solution*. Obtenido de Opennac: <http://www.opennac.org/opennac/en.html>

Wentzo Wireless. (s.f.). *Aruba ClaerPass*. Obtenido de Clearpass: <https://www.clearpass.net/>



INVESTIGACIÓN

Proyecto de Telemedicina
para el Cardiocentro de Villa Clara

Telemedicine project for the Cardiocenter of Villa Clara

MSc. Arelys Emiliana Ramos Fleites^{1*}, Ing. Lidisvey Herrero González², Dr.Sc. Félix Álvarez Paliza³

Recibido: 06/2019 | Aceptado: 10/2019

Palabras clave

Telemedicina
PACs
DICOM
Modelación
Simulación de redes

Resumen

La telemedicina abarca varias líneas de investigación siendo el telediagnóstico y la teleimagenología de los temas que se les ha prestado especial importancia en la actualidad. En Cuba, esta es un área que se le ha dedicado mucha atención y es el Cardiocentro de Villa Clara uno de los centros médicos más beneficiados con estos avances. Actualmente, el centro quirúrgico cuenta con una red de alcance nacional, con modernos medios de diagnóstico y terapéuticos y con un personal médico de alta calificación profesional. La presente investigación se centra en evaluar si la actual red del Cardiocentro puede soportar los nuevos servicios de transmisión, recepción y procesamiento de las imágenes que se generan en el tomógrafo computarizado, el angiógrafo y el ecocardiógrafo entre otros equipos usando herramientas de simulación de redes que permiten evaluar el desempeño de la red.

Keywords

Telemedicine
PACs
DICOM
Modeling
Network simulation

Abstract

Telemedicine encompasses several lines of research, with telediagnosis and the imaging of topics that have been particularly important today. In Cuba this is an area in which special attention has been dedicated and it is the Cardiocentro of Villa Clara from the medical centers that benefit most from these advances. Currently, the surgical center has a network of national scope, with modern diagnostic and therapeutic means and with highly qualified medical personnel. This research focuses on evaluating whether the current Cardiocentro network can support the new transmission, reception and processing services of the images generated in the computerized tomograph, the angiograph and the echocardiograph among others using network simulation tools that allow evaluate network performance.

^{1*} Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Villa Clara, Cuba. arelys@uclv.edu.cu
² Hospital Cardiocentro Villa Clara. Villa Clara, Cuba. lidisvey@infomed.sld.cu
³ Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Villa Clara, Cuba. fapaliza@uclv.edu.cu.

Introducción

Partiendo de la siguiente premisa: La mayoría de los gobiernos se encuentran ante el desafío de adoptar políticas adecuadas que proporcionen servicios sanitarios de calidad; la telemedicina puede significar la solución de muchos problemas en los que la distancia y el tiempo son factores críticos, sin que ello suponga la sustitución del médico por el internet y las computadoras.

La telemedicina se define, según la OMS (1998), como “el suministro de servicios de atención sanitaria en los que la distancia constituye un factor crítico, realizado por profesionales que apelan a tecnologías de la información y de la comunicación con objeto de intercambiar datos para hacer diagnósticos, preconizar tratamientos y prevenir enfermedades y heridas, así como para la formación permanente de los profesionales de atención de salud y en actividades de investigación y evaluación, con el fin de mejorar la salud de las personas y de las comunidades en que viven”. (Ruiz Ibáñez, Zuluaga de Cadena y Trujillo y Zea, 2007)

Para la aplicación de cualquier modalidad de la telemedicina es importante diseñar y aplicar estrategias que permitan convertir los conocimientos y las tecnologías de la información y las comunicaciones en instrumentos a disposición del desarrollo integral de las potencialidades y el bienestar de cada uno de sus ciudadanos.

El Cardiocentro de Villa Clara es una de las instituciones élites en el país que presta servicios de cardiología a la región central de Cuba, donde se brinda tratamiento y rehabilitación a los pacientes (adultos y niños) con afecciones cardíacas congénitas y adquiridas. Aquí se realizan acciones asistenciales, docentes, investigativas y de introducción de nuevas tecnologías, en coordinación con la atención primaria en la Red Cardiológica Central (desde Villa Clara a Camagüey). El centro comenzó su trabajo en julio de 1986 y desde sus inicios ha ido desarrollando y diversificando su trabajo asistencial y quirúrgico con novedosas técnicas y equipos de diagnóstico que lo han llevado a ser un centro insigne en el país. Actualmente presta servicios de cirugía cardíaca, cardiología intervencionista, electrofisiología, cirugía vascular mayor, angioTAC con un moderno tomógrafo de doble cabezal y 128 detectores que realiza todo tipo de estudio.

Partiendo de un análisis cualitativo de la infraestructura actual de la red y teniendo en cuenta el equipamiento de diagnóstico que forma parte del sistema Xavia-PACs —*Picture Archiving and Communications System*— para almacenar, procesar y visualizar las imágenes médicas generadas en los equipos de diagnóstico se proponen una serie de mejoras a la actual red del Cardiocentro de Villa Clara para soportar los nuevos servicios de transmisión de imágenes médicas en formato DICOM (Miguel Chavarría Día, n.d.) que se generan en los equipos de diagnóstico. Para esto se analizan y describen los elementos actuales que forman el sistema de telemedicina y la red con que cuenta el centro para sobre esta evaluación previa proponer las mejoras a la red y evaluar su comportamiento teniendo en cuenta el tráfico que se genera hacia la red inalámbrica la inclusión de nuevos puntos de acceso inalámbricos desde donde serán consultados y visualizados los diagnósticos médicos de los pacientes.

La simulación de la red se hace con el software de simulación y modelación de redes OPNET 14.5 (Honghi Yang, n.d.) que permite diseñar varios escenarios con variantes diferentes y evaluar un alto número de variables y estadísticas globales de nodo y de enlace que miden el desempeño de la red relacionadas en este caso con los tiempos de respuesta de los servidores, el retardo de la red, los porcentos de utilización de los enlaces, la carga en los servidores, el tráfico de la red inalámbrica, etc.

Materiales y métodos

Para el análisis de la red se utiliza la herramienta de modelación y simulación de redes OPNET Modeler en su versión 14.5. Se adiciona al análisis el servicio ofrecido por la red Wifi para que los médicos y pacientes puedan desde sus dispositivos móviles acceder a los diagnósticos emitidos. Este proyecto brinda una caracterización de los principales softwares y equipos que componen la red. Se describe el producto Xavia PACS, diseñado por la Universidad de Ciencias Informáticas (UCI) y de vital importancia en el funcionamiento de los principales servicios que ofrece el Cardiocentro.

Elementos que forman un sistema de telemedicina

Un sistema de telemedicina está integrado por varios elementos que se definirán a continuación:

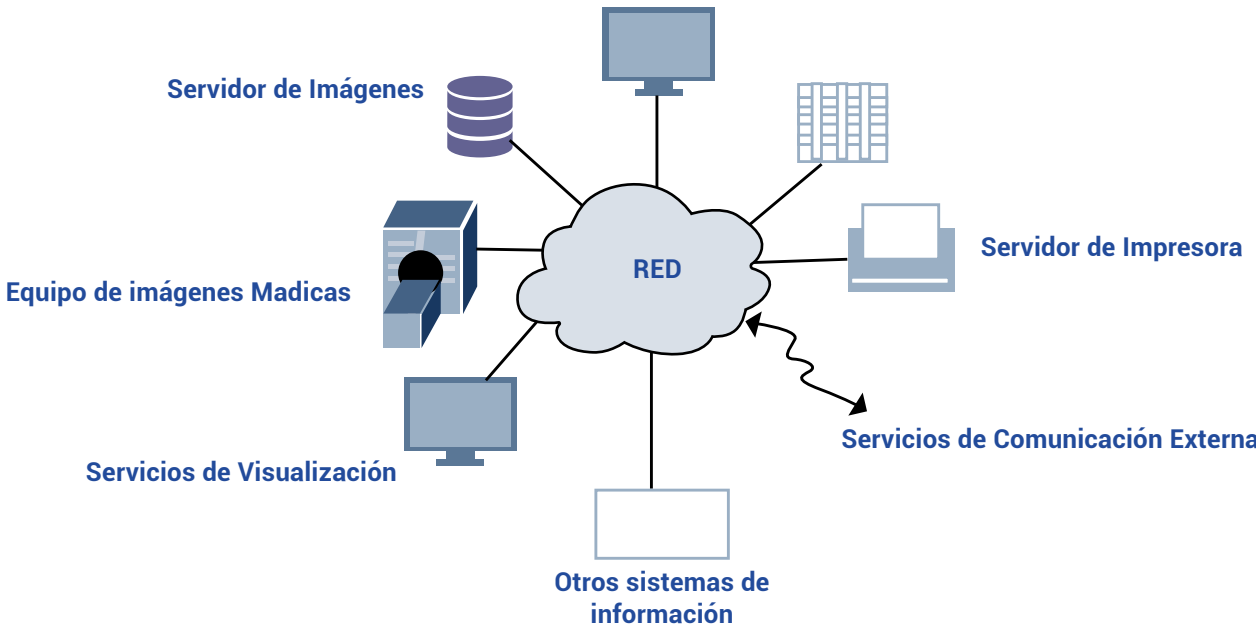


Figura 1. Elementos que componen el sistema PACs.

PACs: Es un sistema de almacenamiento lógico de imágenes radiológica y su distribución (figura 1), las cuales pueden ser recuperadas desde programas habilitados para tal fin según la necesidad del usuario, ya sea de forma inmediata para estudios actuales o de forma retardada para estudios almacenados en dispositivos de almacenamiento secundario, estas imágenes son recibidas desde las distintas modalidades o técnicas usadas para la obtención de la imagen médica (Smith y Berlin, 2012). Esta definición corresponde a la traducción literal de sus siglas *Picture Archiving and Communications System*.

DICOM —*Digital Imaging Communication on Medicine*—: Es el estándar o protocolo específico que utilizan los sistemas PACs y que posibilita la comunicación entre equipos generadores de imagen, sistemas de almacenamiento PACs, clientes visores de imágenes y cualquier otro evento relacionado con la imagen médica (K. Delac, n.d.). La última versión adoptada es la 3, las imágenes que se generan en estos equipos son compatibles con el estándar DICOM. Los ficheros DICOM constan de una cabecera con campos estandarizados y campos de forma libre, y un cuerpo con la imagen propiamente dicha. La cabecera del archivo DICOM presenta etiquetas o campos que permiten situar a la imagen en el contexto, identificándola correctamente y vinculándola a un paciente concreto. (Figura 2)

Sistema HIS-RIS-PACs

RIS —Sistema de Información Radiológica—: Es el programa que gestiona las tareas administrativas del departamento de radiología: citaciones, gestión de salas, registro de actividad e informes.

HIS —Sistema de Información Hospitalaria—: (Álvarez y Vargas Solís, 2013). Programa de gestión del hospital.

Interacción: El RIS proporcionará al PACs toda la información sobre las citaciones existentes, esto implica que cualquier estudio que se quiera almacenar en el PACs ha de tener una cita previa en el RIS.

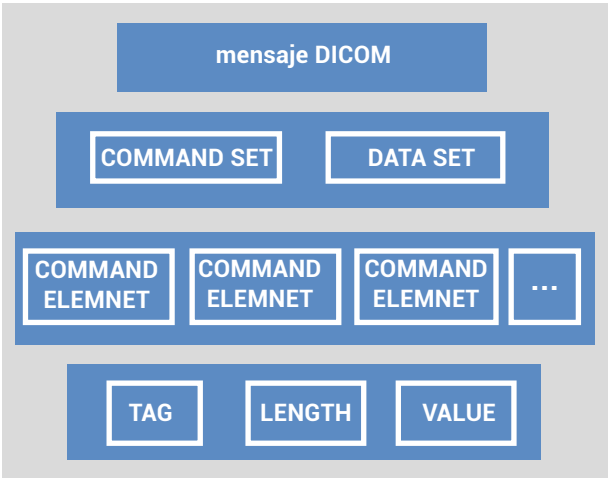


Figura 2. Cabecera DICOM

A su vez el PACs notificará al RIS que el estudio ha sido realizado y completado para posteriormente proporcionar al radiólogo las imágenes de la exploración realizada de forma que este pueda elaborar el informe correspondiente en el RIS. Una vez finalizado el referido informe, el RIS envía una copia al PACs y la notificación de que el informe ha sido realizado. (Nm y G, 2016).

Visor Web: se considera parte del PACs, ya que es la herramienta que permite la visualización de las imágenes en cualquier PC del hospital que disponga de un navegador. A su vez el visor Web puede distribuir el informe asociado al estudio, reduciendo el tiempo de recepción para el destinatario y la supresión del papel. El visor Web recibe la imagen en formato DICOM y la convierte a un formato diferente de menor tamaño, usando para ello una comprensión con pérdida, esto implica una reducción de la calidad por debajo de la considerada como diagnosticable.

Producto XAVIA-PACs: Desarrollado por la UCI —Universidad de Ciencias Informáticas— puesto a prueba en varios hospitales nacionales. Tiene como objetivo ayudar a informatizar los servicios de diagnóstico por imágenes en el sistema de salud y a un aprovechamiento más óptimo de los equipos de adquisición de imágenes, dándole mayor capacidad y brindando un servicio de mejor calidad a los pacientes. Sus principales componentes son:

XAVIA PACs Viewer —Estación de diagnóstico general—: Posee herramientas para el procesamiento, análisis y visualización de las imágenes médicas con herramientas básicas y de post procesamiento 3D. Permite la conexión remota desde las estaciones de trabajo hasta el servidor de imágenes del hospital, recibe los estudios directamente de los equipos de generación de imágenes e intercambia estudios entre las estaciones de trabajo de los especialistas. Permite además la generación de informes imagenológicos, la exportación a formatos comunes de imágenes, videos digitales y la impresión de imágenes en papel o películas radiográficas. Se integra al PACs-RIS. Tiene 3 módulos principales: bandeja de casos, visor y configuración que se visualizan a través de su interfaz gráfica. (Figura 3)

XAVIA PACs Reporter —Herramienta de edición de informes imagenológicos—: Sistema para la emisión de informes de estudios radiológicos que cubre los

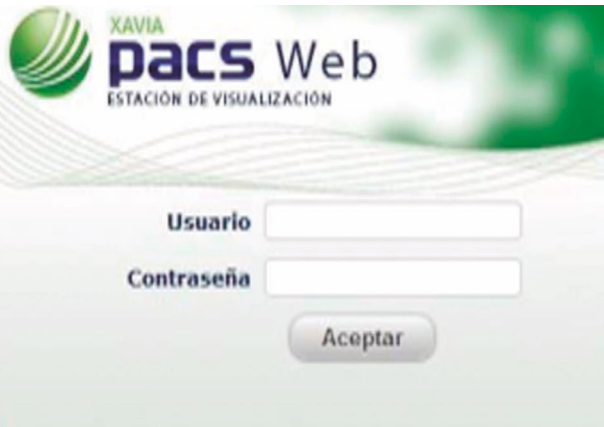


Figura 3. Ventana de inicio del visor Web del Xavia-PACs

distintos flujos que se pueden presentar en un servicio de radiología. Puede trabajar en modo desconectado. Entre sus principales funcionalidades se encuentran: generar informes imagenológicos, creación de plantillas para informes de diagnósticos que se repitan, impresión de reportes en formato estándares de edición de documentos, corrección ortográfica y codificación de enfermedades.

XAVIA PACs Server —Servidor de imágenes médicas—: Posibilita la gestión de la información de los estudios que se generan en las diferentes modalidades diagnósticas, garantiza el archivo de los estudios de forma ordenada, búsqueda y recuperación de los estudios desde cualquier estación de trabajo o equipo de generación de imágenes. Cuenta con un grupo de herramientas para la administración de sus recursos y permite crear políticas de mantenimiento como compresión y borrado según configuración, además de la ejecución de tareas programadas ante situaciones críticas y la sincronización de la información que hay en las bases datos y el archivo físico.

Esquema topológico de la red del Cardiocentro

La red sigue una topología tipo árbol donde los nodos del árbol están conectados a un concentrador central que controla el tráfico de la red. Sin embargo, no todos los dispositivos se conectan directamente al switch central. La mayoría de los dispositivos se conectan a uno secundario que, a su vez, se conecta al switch central existiendo varias cascadas que afectan el desempeño de la red. Esta topología brinda la posibilidad de que cada nuevo nivel pueda a su vez ramificarse en otros lo

que genera un árbol jerárquico de conexiones, donde la falla en un nivel afecta a los siguientes, pero no a los anteriores. Los enlaces con el switch principal son con cable UTP categoría 6 con una velocidad de transmisión de 1Gbps. También se aprecia la existencia de muchas cascadas, lo cual afecta el desempeño final de la red, estas cascadas son necesarias en el diseño actual debido a que la distancia existente entre los switches es mayor que 100 metros, esto equivale a tener que usar esa misma cantidad de metros de cable UTP lo cual no está permitido según la norma TIA/EIA 568-C referente al cableado estructurado. La red actual es escalable pero no tiene redundancia. El swicht principal es de la marca TP-Link es capa 2 y tiene 24 puertos de cobre RJ45 a gbps y 4 ranuras de fibra óptica. Los enlaces al switch central son a 1gbps. Se cuenta con aproximadamente 110 PCs algunas de alta resolución para poder visualizar las imágenes DICOM.

El servidor PACs es del tipo Dell POWEREDGE T610 diseñado para simplificar las operaciones diarias y minimizar el tiempo de subida de un archivo, brinda un gráfico basado en estadísticas de la red y una pantalla LCD interactiva para sistemas de salud monitorizados, también posee una capacidad interna de almacenamiento de 16Tb (“Redes de Computadoras, 5ta Edición - redes_de_computadoras-freelibros-org.pdf,” n.d.).

La red se complementa con 7 routers gigabit inalámbricos de banda dual N600, que soporta conexiones simultáneas de 2.4GHz 300Mbps y 5GHz 300Mbps para una banda ancha total disponible de 600Mbps, proporciona potentes capacidades de procesamiento de datos, posee 4 puertos LAN y 1 puerto MAN, todos a Gigabit (Figura 4). Estos puntos de acceso posibilitan el acceso inalámbrico del personal médico a los diagnósticos y otros servicios como chat, transmisión de videos en línea, que puede incluir hasta una cirugía. Con este estudio se pretende extender estos servicios a los clientes o pacientes previamente registrados en el sistema HIS-RIS para acceder a sus propios diagnósticos que hoy se hace grabándolos en CD-ROM con los inconvenientes que este procedimiento trae consigo.

Servicios que presta la red

Videoconferencia: Servicios de teleconsulta y teleeducación con los siguientes anchos de bandas mínimos para una buena calidad de video ante el ojo humano. (Nm y G, 2016)

Base de datos: Almacenaje y procesamiento de la información, que hacen que la información esté siempre actualizada y consistente. Los nuevos sistemas de gestión de bases de datos ya poseen servicios que permiten almacenar contenidos multimedia, objetos y datos complejos.

Web: Transferir información entre un cliente o navegador web y un servidor web.

Correo: En telemedicina fue una de las primeras fuentes en la era internet que permitió poder establecer contactos con colegas para segundos diagnósticos.

Calidad (fps)	Ancho de Banda mínimo
15 cuadro por segundo	128 kbps
30 cuadros por segundo	192 kbps
30-40 fps (calidad mejorada de imagen)	384kbps y 2mbps
Telecirugía (alta calidad de imagen)	8 y 16 Mbps

Tabla 1. Relación entre ancho de banda y calidad del video en telemedicina.

Líneas fijas de emergencia	Analógico	8KB	64
Consulta remota, telediagnóstico	Digital	8KB	126
Videoconferencias	Video y audio		512
Consulta remota, telediagnóstico	Analógico	800KB	534
Señales biomédicas Preadquiridas Electrocardiografía	Datos ECG	40MB	256
Acceso a base de datos médicas Información Médica	Datos Word PDF	800KB 80KB	64
Transmisión de imágenes médicas	Imagen y datos		512
1. Radiografía	1. Radio	1. 60MB	
2. Tomografía	2. TAC	2. 9.6MB	
3. Resonancia magnética	3. MN	3.15.36MB	
4. Imagen digitalizada	4. ECO	4. 2.3 MB	
	5. Digital	5. 5.9 MB	

Tabla 2. Información médica y ancho de banda recomendado (para uso en Telemedicina).

Servicio de VoIP: Es un servicio que proporciona la comunicación de voz y sesiones multimedia (tales como video) sobre Protocolo de Internet (IP).

Resultados y discusión

Evaluación de la red

La propuesta de simulación se realiza con el software OPNET Modeler 14.5 ampliamente utilizado para diseñar, estudiar redes, dispositivos, protocolos y aplicaciones con un editor gráfico y que da la posibilidad de simular variables que miden el desempeño de la red usando modelos de red, de nodos y de procesos que utilizan el modo de simulación de eventos discretos (DES). En la figura 5 se muestra el escenario de la red del Cardiocentro que ya tiene aplicadas las mejoras que son necesarias introducir para garantizar los servicios antes descritos y que incluye la disminución de las cascadas, enlaces principales a gbps y con fibra óptica para llegar a los lugares donde, por problemas de distancia, el cableado UTP no cumple los requisitos técnicos lo que implica la sustitución de los switches. Se configuran las aplicaciones, los perfiles según los servicios que

se necesitan monitorear (videoconferencia, http, base de datos, email, VoIP), se adicionan 7 nodos WLAN según la norma IEEE 802.11g, los nodos y servidores. Se configuran las estadísticas a medir y los parámetros de la simulación.

Se evalúan varios parámetros, entre ellos se tienen:

- 1. Promedio de tráfico global enviado y recibido desde el servidor web (Figura 6). Es el número total de paquetes por segundo enviados o recibidos por las aplicaciones HTTP en la red (Figura 7).



Figura 6. Retardo de la red

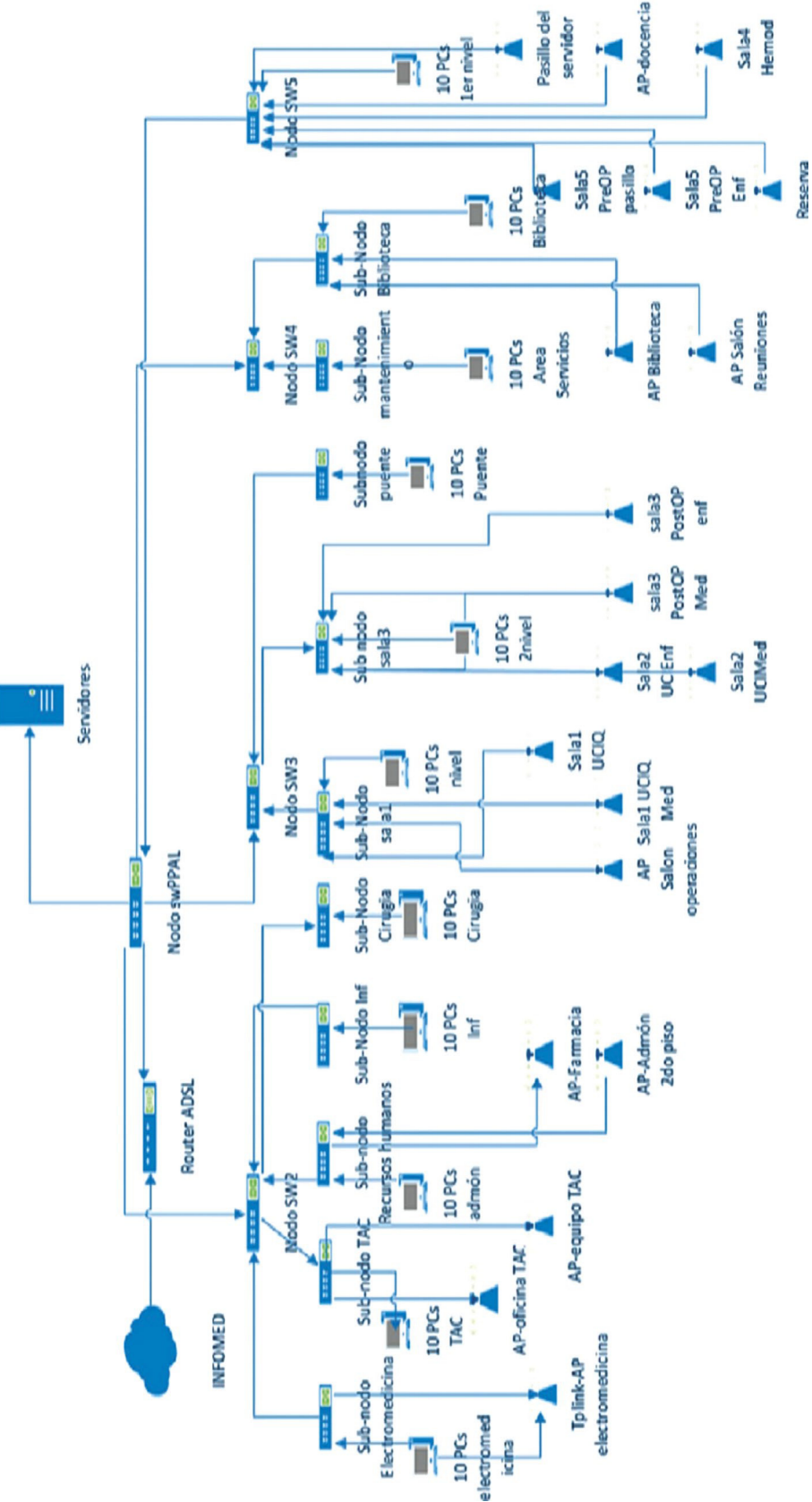


Figura 4. Red del Cardiocentro. Esquema topológico

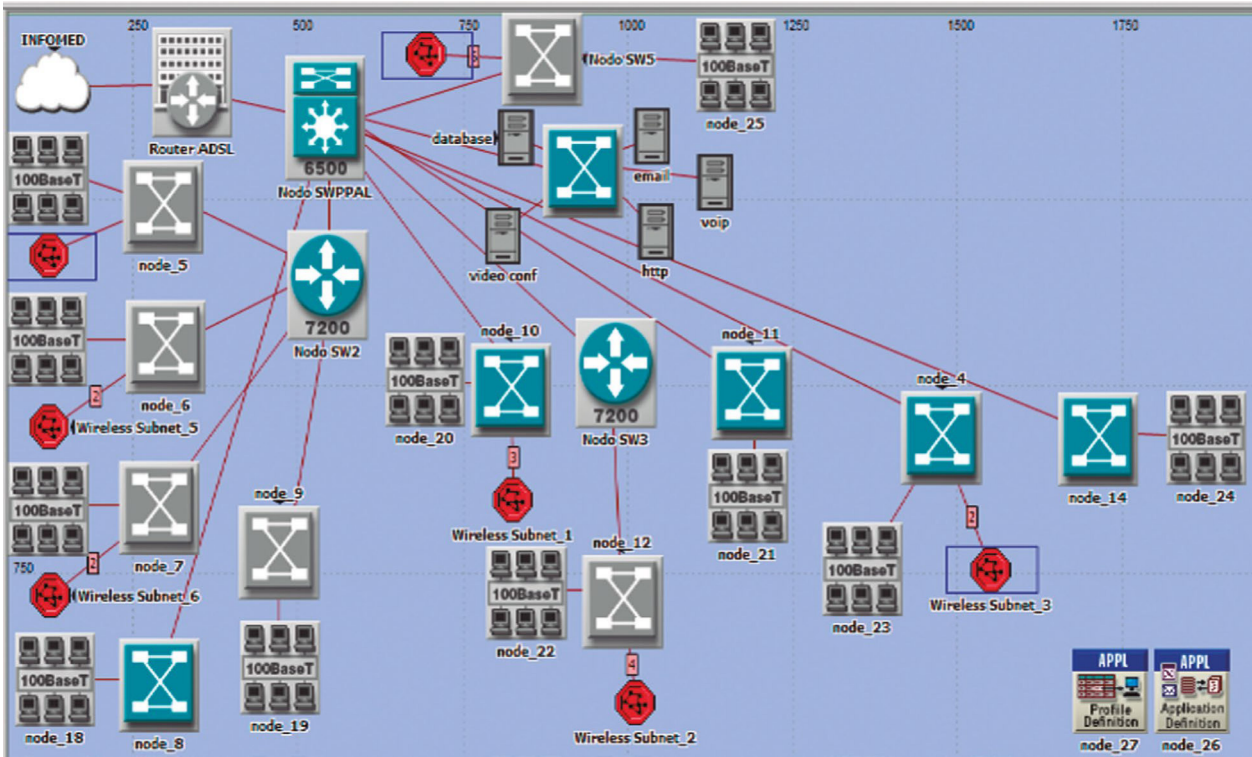


Figura 5. Esquema topológico en OPNET de la red mejorada

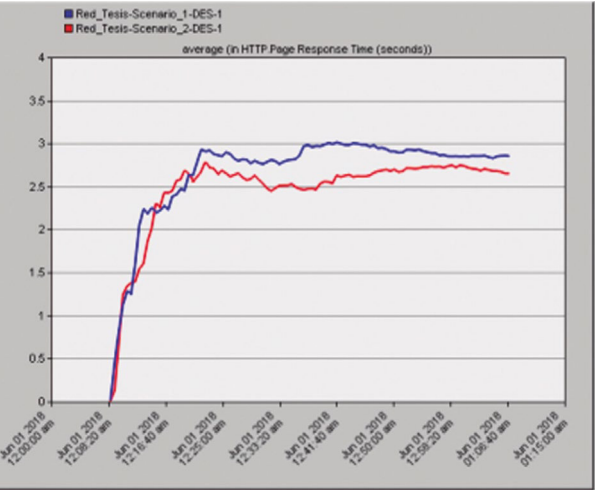


Figura 7. Tiempo de respuesta del servidor web

2. Tiempo promedio de respuesta a la consulta de la base de datos. Es el tiempo que transcurre desde que el paquete fue enviado hasta que es recibida la respuesta (Figura 8).
3. Variación del retardo en videoconferencia (Figura 9), que es el tiempo de llegada de los paquetes de audio y video.
4. Retardo de paquetes punto a punto en el servicio de videoconferencias que es el tiempo en que reconstituye la transmisión de voz y video en el receptor (Figura 10).
5. El tráfico enviado y recibido para la VoIP en ambos escenarios se muestra en la Figura 11.
6. Con la adición a la red inalámbrica de 7 nodos se muestra el retardo total con respecto a los 10 que ya existían y se observa que el retardo es menor que para la red propuesta debido a las mejoras que se introduci-

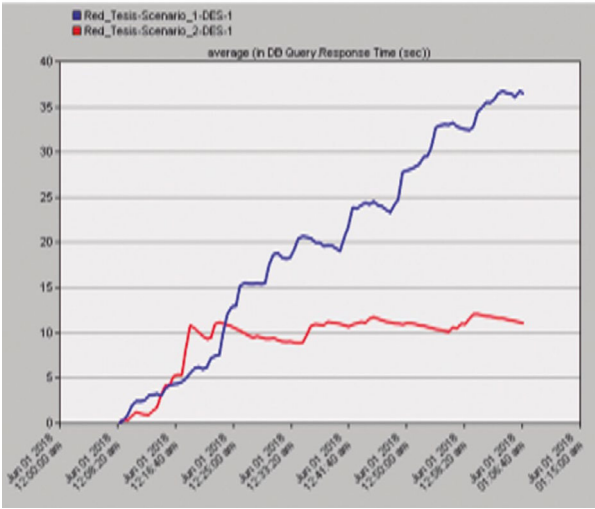


Figura 8. Tiempo de respuesta de la consulta a la base de datos

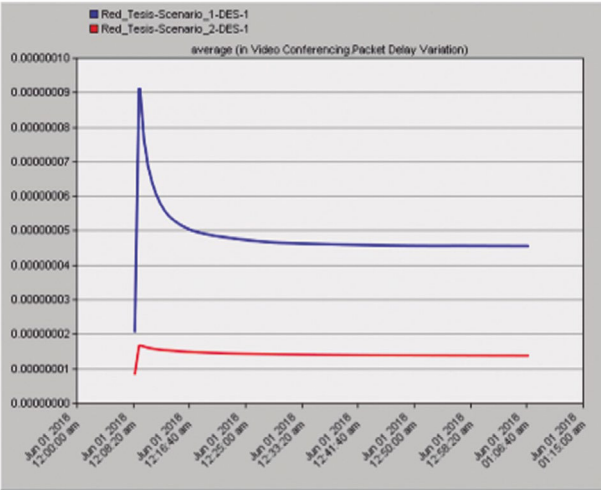


Figura 9. Variación del retardo para el servicio de videoconferencia

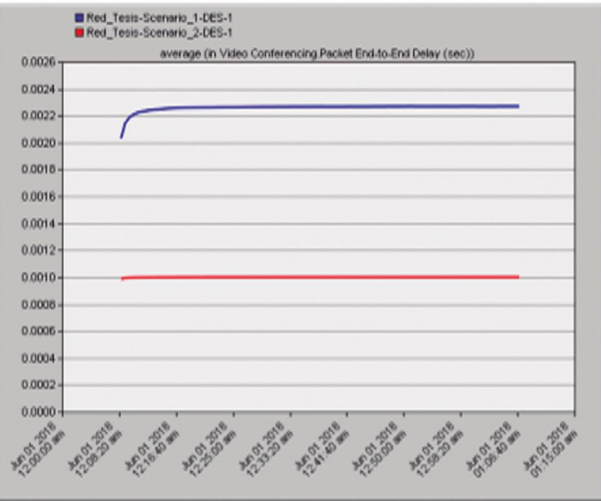


Figura 10. Retardo extremo a extremo para la videoconferencia

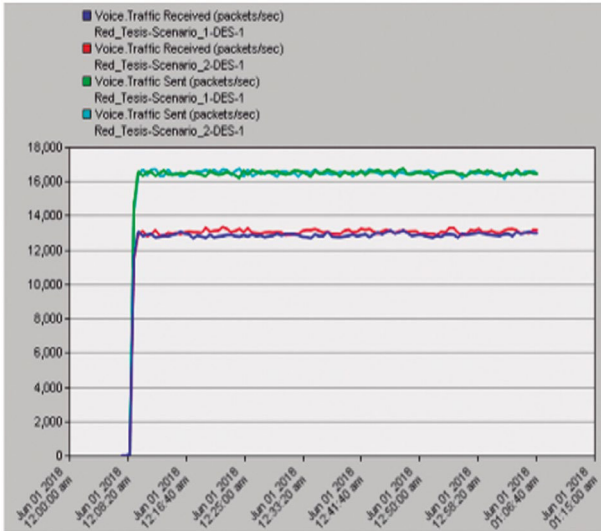


Figura 11. Tráfico enviado y recibido para el servicio de VoIP

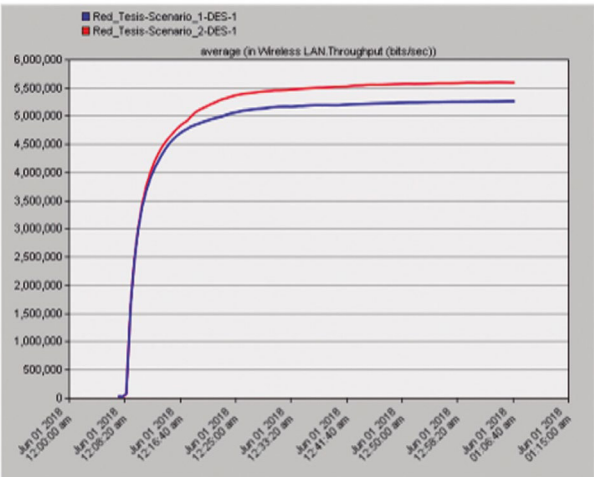


Figura 12. Throughput de la red inalámbrica

das a la red y también aumenta el número de paquetes enviados y recibidos (*throughput*) (Figura 12). esto mejora la razón de transmisión a pesar del aumento del número de usuarios a la red Wlan y como consecuencia la carga en la red.

Evaluación del sistema Xavia-PACs

Para evaluar el desempeño del sistema Xavia-PACs se tiene en cuenta que en el tiempo que se ha utilizado esta aplicación se ha comprobado 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, se ha detectado que presenta algunas deficiencias con las consultas a la base de datos, debido al gran cúmulo de registros de imágenes, haciendo las búsquedas más demoradas, 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.

A continuación, se muestra la tabla 3 con los resultados de pruebas preliminares comparando al Xavia-PACs-Server 3.0 y al Xavia-PACs-Server 2.9.3. Estas operaciones de almacenamiento, búsqueda y obtención de estudios de diferentes modalidades en una base de datos con 10 546 203 referencias de imágenes fueron realizadas desde 4 estaciones de trabajo, simulando equipos médicos de adquisición de imágenes y estaciones de visualización.

Conclusiones

Luego de los resultados obtenidos en el proceso de evaluación de la red y teniendo en cuenta que la telemedicina se ha convertido en una de las prioridades para el desarrollo de la medicina actual, unido al desarrollo de los equipos de diagnóstico y la posibilidad que ellos brindan al personal médico especializado para brindar imágenes médicas de diagnóstico que son captadas y almacenadas por los sistemas PACs y su integración con los sistemas HIS-RIS, se logra un sistema de transmisión completo de la imagen médica usando a DICOM como estándar internacional.

La propuesta de red mejorada al Cardiocentro mejora la mayoría de los parámetros simulados a pesar del

Modalidad del estudio			Modalidad del estudio		
CT			MR		
Cantidad de imágenes		Tamaño total (MB)	Cantidad de imágenes		Tamaño total (MB)
415		216	72		35.8
Operación	Xavia PACSServer 3.0	Xavia PACSServer 2.93	Operación	Xavia PACSServer 3.0	Xavia PACSServer 2.93
Almacenamiento	89	186	Almacenamiento	17	81

Tabla 3. Pruebas preliminares.

aumento de la carga en la red que presupone el acceso inalámbrico y el aumento de los servicios.

El software XAVIA PACs WEB para clientes es de fácil entendimiento para los médicos que lo usan, ya que cuenta con una interfaz visual en sus 3 módulos muy interactiva.

Asimismo, en este sentido a partir de las mejoras que se proponen a la red se recomienda establecer de mane-

ra adicional redundancia de los enlaces principales a los equipos de diagnóstico y a los switches centrales de la red para que en caso de fallos la red continúe operativa. Extender la red de transmisión de imágenes entre otras dependencias hospitalarias de la provincia para tener la posibilidad de segundos diagnósticos y extender los servicios de copia de diagnósticos a los pacientes a través de la red Wifi.

Referencias

A. Trujillo Zea, C. R. I. (2007). Redalyc.TELEMEDICINA: Introducción, aplicación y principios de desarrollo - 261120984009.pdf. 21n.o 1, 78.

Álvarez, L. R., y Vargas Solís, R. (2013). DICOM RIS/PACS Telemedicine Network Implementation using Free Open Source Software. IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, 11(1), 168–171.

HONGJI YANG, Z. L. (n.d.). Unlocking the Power of OPNET Modeler. Retrieved from http://solutionsproj.net/software/opnet_unlock_pdf.pdf

K. Delac, M. M. (n.d.). Overview of the DICOM Standard.pdf. 1, 39–44. Retrieved from http://vcl.fer.hr/papers_pdf/Overview%20of%20the%20DICOM%20Standard.pdf

Miguel Chavarría Día, F. B. i R. (n.d.). Almacenamiento y Transmision de Imagenes PACs. Retrieved November 19, 2019, from http://www.conganat.org/SEIS/is/is45/IS45_54.pdf

Nm, N., y G, V. (2016). La discusión de casos por videoconferencia mejora la eficiencia de la consulta externa de cirugía torácica. Archivos de Bronconeumología, 52(11), 549–552. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2016.04.002>

Redes de Computadoras, 5ta Edición - redes_de_computadoras-freelibros-org.pdf. (n.d.). Retrieved November 19, 2019, from https://bibliotecavirtualapure.files.wordpress.com/2015/06/redes_de_computadoras-freelibros-org.pdf

Smith, J. J., y Berlin, L. (2012). Picture Archiving and Communication Systems (PACS) and the Loss of Patient Examination Records. American Journal of Roentgenology, 176(6), 1381–1384. <https://doi.org/10.2214/ajr.176.6.1761381>

Whetherall, T. (n.d.). Computer Networking: A Top-Down Approach. Retrieved from /content/one-dot-com/one-dot-com/us/en/higher-education/product.html



Funciones de redes virtualizadas en red trunking digital eLTE

Virtual network functions in eLTE digital trunking network

Ing. Fidel Alejandro Fernández Carcasés ^{1*}, Ing. Raquel Leal Mieres², MSc. Alejandro Ruiz Douglas³

Recibido: 02/2019 | Aceptado: 03/2019

Palabras clave

Redes virtualizadas
eLTE
Comunicaciones móviles

Resumen

La empresa cubana Movitel en el proceso de migración hacia los sistemas digitales de radio troncalizado se propone como objetivo principal brindar servicios de banda ancha con el despliegue de una red de cuarta generación, para alcanzarlo será necesario la implementación de nuevas herramientas y el desarrollo de aplicaciones que complementen las funcionalidades del sistema. Este trabajo abordará algunas de las soluciones para la transmisión de datos en banda ancha que Movitel ha implementado sobre la red eLTE —*enterprise Long Term Evolution*— de Huawei en su proceso de despliegue a nivel nacional, aprovechando los conceptos de las funciones de redes virtualizadas y redes definidas por software. La estructura de la investigación se compone por el análisis de la tecnología eLTE como sistema de comunicaciones móviles, el análisis de las arquitecturas de los sistemas NFV —*Virtualización de Funciones en Red*—, las pruebas experimentales realizadas con los equipos terminales para el acceso y las funcionalidades del sistema donde se aplicaron los conceptos de virtualización de funciones de redes. En conclusión, se presenta el esquema final de la solución de conectividad desarrollada mediante la implementación de los sistemas virtuales y las posibilidades de modelos de servicios en comparación con tecnologías emergentes para la transmisión de datos de banda ancha móvil.

Keywords

Virtualized networks
eLTE
Mobile communications.

Abstract

Movitel, in the process of migration to digital trunked radio systems, aims to provide broadband services with the deployment of a fourth generation network, to achieve this it will be necessary to implement new tools and develop applications that complement the functionalities of the system. This paper will address some of the solutions for broadband data transmission that Movitel has implemented on the Huawei eLTE network through the nationwide deployment process, taking advantage of the concepts of virtualized networks and software-defined networks. The research structure is the analysis of eLTE technology as a mobile communications system, the analysis of the architectures of the NFV systems, the experimental tests carried out with the terminal equipment for access and the functionalities of the system where

^{1*} Movitel, Cuba. fidel@movitel.co.cu
² Movitel, Cuba. raquel@movitel.co.cu
³ Movitel, Cuba. douglas@movitel.co.cu