

Document downloaded from:

<http://hdl.handle.net/10251/201060>

This paper must be cited as:

Rodríguez-Hernández, MA.; Gomez Sacristan, A.; Jiménez-Peralta, FG. (2018). Simulation of the Communications System for a National Radiation-Dose Databank. IEEE. 184-187.
<https://doi.org/10.1109/GMEPE-PAHCE.2018.8400770>



The final publication is available at

<https://doi.org/10.1109/GMEPE-PAHCE.2018.8400770>

Copyright IEEE

Additional Information

Simulation of the Communications System for a National Radiation-Dose Databank

Simulación de las Comunicaciones Asociadas a un Banco Nacional de Dosis a Pacientes

M. A. Rodriguez-Hernandez, A. Gomez-Sacristan, F. G. Jimenez-Peralta
ITACA, Universitat Politècnica de València, Camino Vera S/N, 46022 Valencia, Spain
Email: marodrig@upvnet.upv.es

Abstract — This work presents a simulator for the communications system associated with a National Radiation-Dose Databank for the radiological protection of Spanish public health patients. The work shows a communications simulator developed over OMNET++ that allows radiological centers in specific points of the country with different types of radiological equipment. In addition, the simulator allows different configurations of the communications systems. The work also shows the results of the traffic generated by this new service in different parts of the country and with several types of radiation dosimetry information sent to the National Radiation-Dose Databank.

Keywords — Dosimetry, Communications, National Radiation-Dose Databank, Smart Hospital, OMNET++

Resumen — Este trabajo presenta un simulador del sistema de comunicaciones asociado a un Banco Nacional de Dosis a Pacientes para la protección radiológica de los pacientes de la sanidad pública española. El trabajo presenta un simulador de comunicaciones realizado sobre OMNET++ que permite definir centros radiológicos en distintos puntos del país con diferentes tipos de equipamientos radiológicos. Además el simulador admite diferentes configuraciones sobre sus sistemas de comunicaciones. El trabajo presenta también los resultados en cuanto al tráfico que generaría este nuevo servicio en diferentes puntos del país y con distintos tipos de información dosimétrica enviada al Banco Nacional de Dosis a Pacientes.

Palabras Clave — Dosimetría, Comunicaciones, Banco Nacional de Dosis a Pacientes, Smart Hospital, OMNET++

I. INTRODUCCIÓN

Las radiaciones ionizantes son ampliamente utilizadas en medicina [1], por ello el control de las dosis recibidas por cada paciente se está haciendo cada vez más necesario [2]. La Unión Europea en su directiva 2013/59/EURATOM [3] decreta que desde el año 2018 todos sus países miembros,

deben establecer requisitos para que los nuevos equipos utilizados en radiología incluyan la capacidad de transmitir la información sobre la cantidad de radiación emitida por el equipo durante el diagnóstico o tratamiento del paciente.

La transferencia de la información de dosimetría va a requerir de una red de comunicaciones entre los distintos centros médicos que cuenten con equipos radiológicos y un centro que recoja la información proveniente de todos los equipos de una determinada zona, región o país [4]. En el caso de España la intención es centralizar toda la información procedente de los equipos radiológicos médicos del país en un Banco Nacional de Dosis a Pacientes localizado en el Centro Nacional de Dosimetría [5] cuya ubicación es la ciudad de Valencia (Fig. 1). Este Banco Nacional de Dosis a Pacientes permitirá llevar un historial con el registro de todas las dosis de radiaciones ionizantes que los pacientes reciben a lo largo de toda su vida.

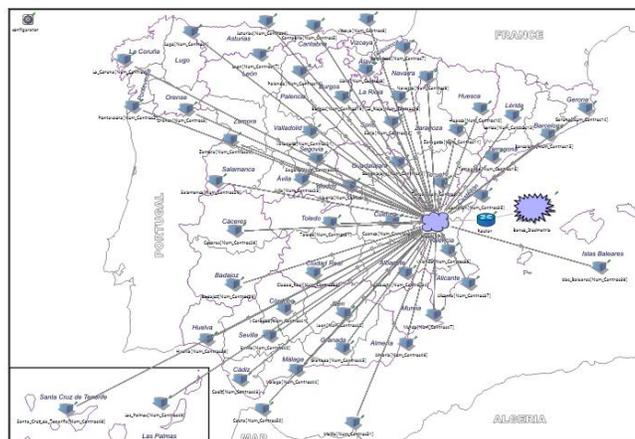


Fig. 1. Esquema de la red a nivel nacional implementado en Omnet++.

El objetivo de este trabajo es la realización de un simulador para evaluar las prestaciones de un sistema de comunicaciones a nivel nacional que permita la transmisión e intercambio de la información radiológica de pacientes entre cada uno de los hospitales y centros de salud españoles con el Banco Nacional de Dosis a Pacientes. Este sistema de comunicaciones enlazará distintos centros de salud y hospitales formando parte del nuevo concepto de atención sanitaria integral englobado en los Smart Hospitals [6-8].

El presente trabajo se desarrolló con una herramienta de simulación basada en Omnet++ [9]. La herramienta está diseñada para analizar redes de acceso convergente, con fuentes de tráfico IP heterogéneas que son totalmente configurables y permiten la optimización del escenario de comunicaciones en un Smart Hospital [7, 8]. La herramienta en que se basa el simulador ha sido utilizada previamente con éxito tanto para investigar las comunicaciones en entornos hospitalarios [7, 8] como para su uso docente [10].

La distribución de este artículo es la siguiente. Tras la introducción se realiza una breve descripción de la simulación con OMNET++. En el apartado III se describen los parámetros más importantes que pueden configurados en el simulador desarrollado. A continuación, se presentan algunos resultados del simulador, finalizando con las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

II. SIMULACIÓN CON OMNET++

OMNET++ [9] es un entorno de simulación de eventos discretos orientado a objetos con arquitectura abierta y componentes modulares. Esta herramienta es de gran utilidad en el análisis de redes de comunicaciones, redes ad-hoc, estudio de protocolos y en general permite modelar todo sistema basado en eventos discretos.

OMNET++ utiliza módulos, programados en lenguaje C++, que pueden ser de dos tipos: simples (elementos básicos) y compuestos (formado por varios módulos simples). Los módulos se comunican entre sí a través del paso de mensajes y pueden ser jerárquicamente anidados.

Las simulaciones en OMNET++ se basan en escenarios compuestos por módulos que definen el problema a caracterizar. El simulador desarrollado implementa un escenario compuesto por un conjunto de centros de salud y hospitales que trabajan con equipos radiológicos. Estos equipos radiológicos, que pueden ser de distintos tipos y por tanto tener distintas características, están comunicados con la Cloud privada del Smart Hospital o centro médico al que pertenecen (ver Fig. 2). A su vez los diferentes Smart Hospitals o centros médicos son agrupados por provincias y conectados con el Banco Nacional de Dosis a Pacientes tal y como muestra la Fig. 1.

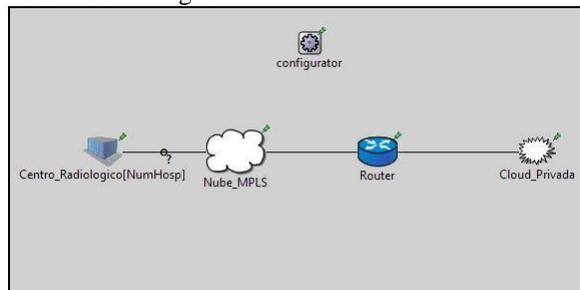


Fig. 2. Conexión centro radiológico con la Cloud del Smart Hospital

III. PARÁMETROS CONFIGURABLES DE LA SIMULACIÓN

El simulador permite configurar diferentes parámetros lo que le hace totalmente adaptable a la distribución real de equipos radiológicos en el país. Además, esta misma adaptabilidad hace posible la inclusión de nuevos elementos en la red en cualquier momento.

A Tipos de equipos radiológicos.

El simulador permite seleccionar entre nueve tipos de equipos de radiodiagnóstico en cada centro radiológico, que corresponden con los más utilizados en España. Estos nueve equipos son:

1. Grafía: rayos X con imagen estática.
2. Escopía: rayos X con imagen dinámica.
3. T.C. (Tomografía Computarizada): para crear imágenes detalladas o exploraciones de regiones internas.
4. Mamógrafos: detección temprana del cáncer de mama.
5. Ortopantomógrafo: para maxilares, mandíbula dientes.
6. Dentales: rayos X dentales.
7. Portátiles: equipos para atenciones domiciliarias.
8. Arco: apoyo quirúrgico de visualización en tiempo real (fracturas, agujas intraóseas, fijadores, etc).
9. Densitómetros: para medir la pérdida de masa ósea.

B Retardo en la transmisión

Se han agrupado los distintos centros médicos y hospitales con equipos radiológicos por provincias (ver Fig 1), de manera que desde cada provincia se envía al Banco Nacional de Dosis a Pacientes la información correspondiente.

Con el fin de simular el retardo producido por la red MPLS del operador se ha diseñado un módulo que retrasa aleatoriamente los paquetes. La gestión de la red se realiza desde el Centro Nacional de Dosimetría con sede en Valencia, por ello se ha tomado como referencia para el retardo la distancia desde Valencia a cada una de las provincias. Como la transmisión de la información se realizará a través de redes Metro-Ethernet [11], el retardo total se evalúa como el retardo producido por las colas de los procesos de gestión del Calidad de Servicio del router de acceso más el retardo asociado al tránsito nacional de la red MPLS del operador (retardo de transmisión y procesado de paquetes). Este retardo puede afectar a la distribución de paquetes de entrada al Banco Nacional de Dosis a Pacientes.

C. Distribución de equipos radiológicos

El simulador se basa en una agrupación geográfica de los centros médicos y hospitales con equipos radiológicos a nivel provincial. De esta forma se han definido 52 agrupaciones (ver Fig. 1) correspondientes a las 50 provincias españolas, más las ciudades de Ceuta y Melilla.

En cada uno de los diferentes centros radiológicos de cada provincia se puede seleccionar el número de equipos totales y el número de equipos específicos de cada tipo. De este modo las especificaciones de equipos de cada centro médico u hospital pueden adaptarse totalmente a la realidad.

D Políticas de calidad de servicio

Las principales tareas para gestionar el tráfico en la red están basadas en tres principios que son: identificar el tráfico, agrupar o clasificar el tráfico en este caso haciendo uso de la arquitectura Diffserv la cual permite clasificar el tráfico en categorías, y finalmente definir políticas de QoS para cada clase de servicio con el objetivo de garantizar un caudal o calidad mínima a cada uno de ellos.

A fin de obtener una simulación lo más cercana posible a la realidad se ha tomado como referencia el servicio MacroLAN de Telefónica. Este servicio clasifica el tráfico con 3 calidades de servicio:

1. Multimedia: Tráfico con máxima prioridad,
2. Oro: Tráfico tiempo real pero con pérdida de paquetes.
3. Plata: Tráfico de menor prioridad, no es tiempo real.

IV. RESULTADOS

Una vez implementado el simulador se realizaron simulaciones a nivel de toda España. Estas simulaciones se realizaron con los datos reales sobre el inventario de los equipos radiológicos y su distribución en hospitales y centros médicos de algunas provincias de España. Para las provincias de las que no se disponía del inventario se realizó una estimación de equipos radiológicos basada en la población y en los datos disponibles de otras provincias.

Se realizaron 2 conjuntos de simulaciones, para evaluar las 2 opciones posibles de implantación del Banco de Dosis. En la primera cada equipo radiológico transmitía una trama de 1000 bytes conteniendo únicamente la información referente a la dosimetría. El segundo tipo de simulaciones, además de la información sobre la dosimetría incluyó una imagen radiológica como hace DoseWacth [12]. Este segundo tipo de simulaciones supuso que para cada radiación el fichero transmitido era de 160 KBytes.

Las simulaciones se realizaron suponiendo una muy alta tasa de ocupación de los equipos radiológicos. Se simuló 1 hora, buscando un horario de atención a pacientes con alta concentración de actuaciones radiológicas. Así se simuló que cada equipo transmitía información y la separación entre envíos consecutivos seguía una distribución gaussiana de media 5 minutos y desviación típica 3 minutos. Además, para evitar sincronismos entre transmisiones, la primera transmisión de cada equipo se realizaba de forma aleatoria siguiendo una distribución uniforme entre 0 y 5 minutos.

A. Resultados transmitiendo ficheros de 1000 Bytes

Los resultados varían mucho en función de cada provincia. Por eso se muestran los resultados de una provincia con mucha población, Madrid, otra provincia con poca población, Soria, y el agregado total de tráfico para la entrada al Banco Nacional de Dosis a Pacientes. La Fig. 3 muestra los resultados de ancho de banda necesario para la provincia de Soria, la Fig. 4 presenta el ancho de banda de Madrid, finalmente la Fig. 5 muestra el ancho de banda a la entrada al Banco Nacional de Dosis a Pacientes.

Como se aprecia el ancho de banda requerido para la provincia de Soria (Fig. 3) no supera los 20Kbps debido a que el número de equipos radiológicos era bajo. Sin embargo, para la provincia de Madrid (Fig. 4) se requieren alrededor de 70Kbps ya que hay un mayor número de equipos generando información. Obviamente, las provincias con mayor población y por lo tanto con mayor número de equipos necesitarán un mayor ancho de banda para la transmisión de la información radiológica de los pacientes.

En cuanto al ancho de banda necesario a la entrada del Banco Nacional de Dosis a Pacientes (Fig. 5) sigue siendo bajo y está alrededor de los 350Kbps, por lo que la transmisión de la información de dosimetría con tramas de 1000 Bytes no generarán congestión en las comunicaciones.

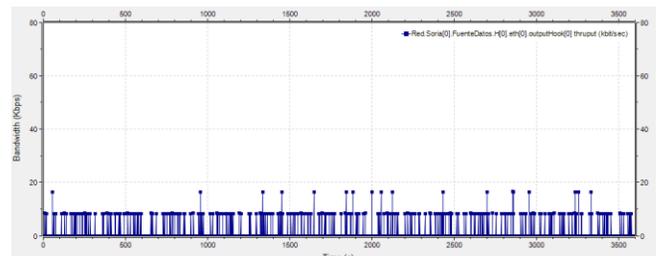


Fig. 3. Ancho de Banda provincia Soria transmitiendo 1000 Bytes.

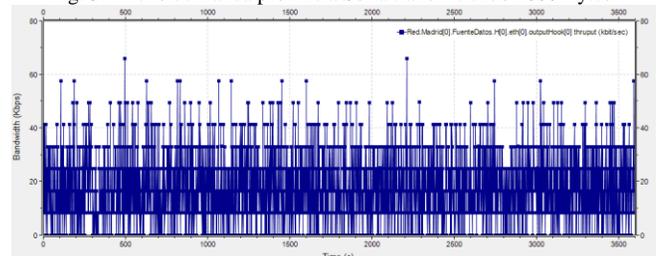


Fig. 4. Ancho de Banda provincia Madrid transmitiendo 1000 Bytes.

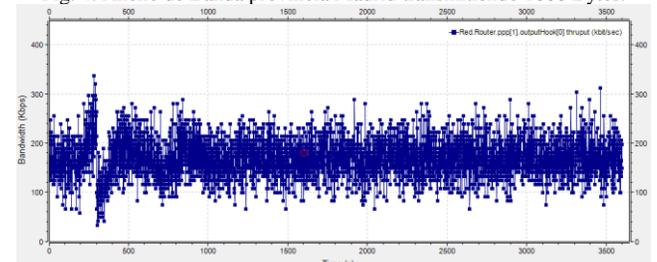


Fig. 5. Ancho de Banda en el Banco de Dosis transmitiendo 1000 Bytes.

B. Resultados transmitiendo ficheros de 160 KBytes

A continuación, se presentan los resultados de la misma simulación que en el apartado anterior pero transmitiendo ficheros de 160KBytes con la información radiológica asociada a cada paciente. Se presentan los resultados de ancho de banda en los enlaces para las provincias de Soria (Fig. 6) y Madrid (Fig. 7) y finalmente se muestra el ancho de banda global o de entrada al Banco Nacional de Dosis a Pacientes (Fig. 8).

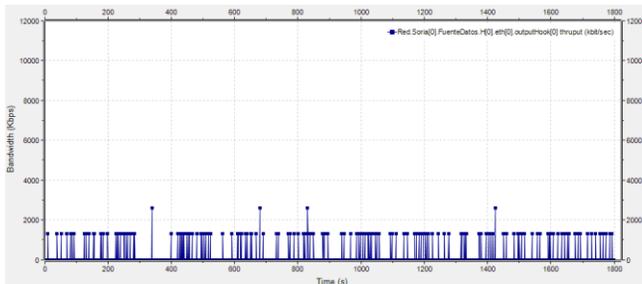


Fig. 6. Ancho de Banda provincia Soria transmitiendo 160 KBytes.

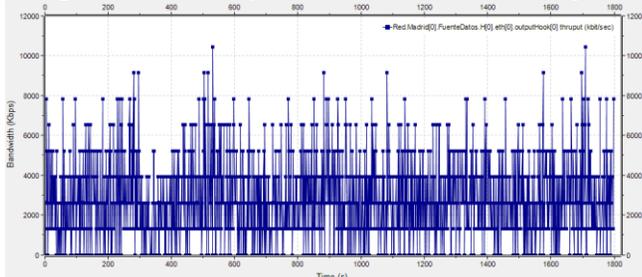


Fig. 7. Ancho de Banda provincia Madrid transmitiendo 160 KBytes.

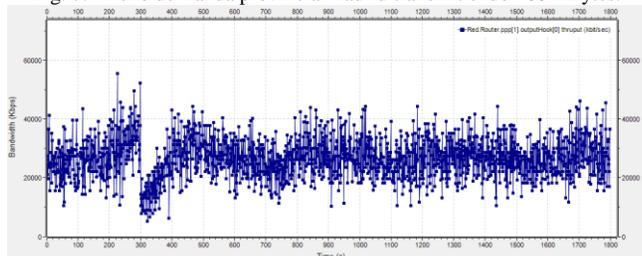


Fig. 8. Ancho de Banda en el Banco de Dosis transmitiendo 160 KBytes.

Los resultados indican la necesidad de un ancho de banda de 300Kbps en el enlace de menor capacidad (Fig. 6) de 10Mbps en el enlace de Madrid (Fig. 7) y de 50Mbps a la entrada del Banco Nacional de Dosis a Pacientes (Fig. 8).

IV. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

El presente trabajo muestra el simulador y los resultados de la simulación del sistema de comunicaciones asociado a un Banco Nacional de Datos de Dosis de Radiación para llevar el control de la cantidad de radiación que un paciente recibe en pruebas de diagnóstico o tratamientos curativos.

Las gráficas de tráfico evidencian que el impacto que este Banco Nacional de Datos de Dosis de Radiación acarrea a las redes de comunicación de cada centro va a depender del tipo de información transmitida. Si únicamente se envía la información específica de dosimetría el impacto será pequeño, mientras que si asociada a la información dosimétrica se envían imágenes el impacto puede llegar a ser muy importante.

El trabajo futuro debería incluir varias partes. La primera correspondería a la realización de un inventario completo de los equipos radiológicos en todo el país y a la definición de la información concreta que debería enviar cada tipo de equipo. La segunda parte del trabajo correspondería a la integración de estas comunicaciones asociadas al Banco Nacional de Dosis con otras comunicaciones de los Smart Hospital y estudiar la repercusión de las nuevas necesidades de comunicaciones sobre las ya existentes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a Nieves Llorca-Domaica y Jorge Vilar-Palop del Centro Nacional de Dosimetría la colaboración prestada.

REFERENCIAS

- [1] R. Fazel et al "Exposure to Low-Dose Ionizing Radiation from Medical Imaging Procedures", *New England Journal of Medicine*, vol. 361, pp. 849-857, 2009.
- [2] World Health Organization WHO, "Global Initiative on Radiation Safety in Healthcare Settings", 2008.
- [3] European Union. Council Directive 2013/59/EURATOM, December 5th 2013.
- [4] M. A. Rodriguez-Hernandez, I. Rodrigo-Boix, J. Vilar-Palop, N. Llorca-Domaica "Preliminary Study of the Communications System for a National Bank of Patients Doses", *2017 Global Medical Engineering Physics Exchanges/Pan American Health Care Exchanges (GMEPE/PAHCE)*, pp. 17-20, 2017.
- [5] Centro Nacional de Dosimetría. <https://www.cnd.es>.
- [6] L. Yu, Y. Lu and X. Zhu, "Smart hospital based on internet of things". *Journal of Networks*, vol. 7, pp. 1654-1661, 2012.
- [7] A. Gomez-Sacristan, M. A. Rodriguez-Hernandez, V. Sempere, "Evaluation of Quality of Service in Smart-Hospital Communications", *Journal of Medical Imaging and Health Informatics*, vol. 5, pp. 1864-1869, 2015.
- [8] A. Gomez-Sacristan, M. A. Rodriguez-Hernandez, V. Sempere, "Telecom Design Services in Smart-Hospital Communications", *2016 Global Medical Engineering Physics Exchanges/Pan American Health Care Exchanges (GMEPE/PAHCE)*, pp. 89-94, 2016.
- [9] OMNET Project. <http://omnetpp.org/>.
- [10] A. Gomez-Sacristan, V. Sempere, M. A. Rodriguez-Hernandez, "Virtual Laboratory for QoS Study in Next-Generation Networks With Metro Ethernet Access", *IEEE Transactions on Education*, vol. 59, pp. 187-193, 2016.
- [11] ITU-T Recommendation Y. 2001- Next generation Networks General Overview.
- [12] DoseWatch, GE Healthcare, <http://www3.gehealthcare.es/es-es/servicio/dosewatch>