

Service M3. Prototipo de medida y modelado de comunicaciones para servicios de Telemedicina

I. Martínez, C. Hernández, J. Fernández y J. García

Grupo de Tecnología de las Comunicaciones (GTC), Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)

imr, chernandez, navajas, jogarmo @unizar.es - Universidad de Zaragoza, España

Resumen

El amplio desarrollo de las aplicaciones multimedia en medicina y la utilización de redes de comunicación inter e intra-hospitalarias requiere un análisis específico para aumentar la eficiencia de los servicios sanitarios. En este artículo se propone una metodología de evaluación técnica para los requerimientos de Calidad de Servicio (QoS, *Quality of Service*) del tráfico en los nuevos servicios sanitarios basados en la telemedicina. Esta metodología incluye la descripción del servicio, considerando tanto los requisitos de la aplicación como la topología de red, y su evaluación, realizada mediante una herramienta que automatiza este proceso. Esta herramienta implementa la definición inicial del servicio multimedia y los procesos de medida y modelado que permiten analizar los requerimientos de QoS y optimizar el diseño de las aplicaciones en función de los recursos de red disponibles. La metodología propuesta ha sido probada mediante la evaluación de un servicio médico en tiempo real.

1. Introducción

Las telecomunicaciones y las nuevas tecnologías de la información han visto incrementado su uso en las actividades clínicas y en la investigación para mejorar la prestación de atención médica. Estas tecnologías se han sometido a diversos estudios con el fin de evaluar su efectividad, eficiencia y viabilidad [1]. En primer lugar, la evaluación técnica requiere una metodología de medida [2] que permita analizar los requisitos de la aplicación y de la red y, en consecuencia, optimizar el diseño y modelado de comunicaciones del servicio según los recursos disponibles. El diseño del servicio está considerado por muchos autores como un paso decisivo para su correcta implementación, ejecución y mantenimiento. Este proceso de diseño sigue un orden lógico: primero, determinar los recursos disponibles en la red, luego, analizar el tipo, volumen y los requerimientos de QoS de la información y, finalmente, ajustar las aplicaciones que van a ser transmitidas por la red. El modelado de los aspectos de comunicaciones del servicio es clave para su evaluación posterior. Los servicios de telemedicina suelen estar basados en tecnologías multimedia y están pensados para soportar múltiples y diversas aplicaciones clínicas sobre diferentes topologías de red. Estos entornos heterogéneos requieren que las aplicaciones proporcionen diferentes requisitos de QoS para ajustarse a los distintos tipos de servicios. Una estimación precisa del funcionamiento de la red es necesaria para el éxito de estos servicios multimedia [3].

Actualmente, la *Internet Engineering Task Force* (IETF) está estudiando modelos y arquitecturas que soporten diferentes servicios, con el fin de mejorar la evaluación de los requerimientos de QoS del tráfico multimedia. Una idea muy extendida consiste en intentar adaptar las aplicaciones a las características de la red [4] variando diversas medidas de calidad como tasas de transmisión, retardos, *jitter*, anchos de banda, etc. sobre redes *best-effort* [5].

En este artículo, se propone una metodología para la evaluación técnica de los requerimientos de QoS en los nuevos servicios sanitarios. En la sección 2 se define la metodología de las pruebas que incluye la definición del servicio y su evaluación, basada en una herramienta que realiza las medidas y el modelado. Esta herramienta tiene como objetivo la optimización del diseño de las aplicaciones de telemedicina. En la sección 3, se realiza un repaso de los servicios de telemedicina basados en diferentes rutinas clínicas y tecnologías de comunicación. La sección 4 define el proceso completo para la definición, medida y modelado de servicios multimedia. Los resultados obtenidos a partir de la evaluación de servicios de telemedicina sobre diferentes entornos de red se discuten en la sección 5.

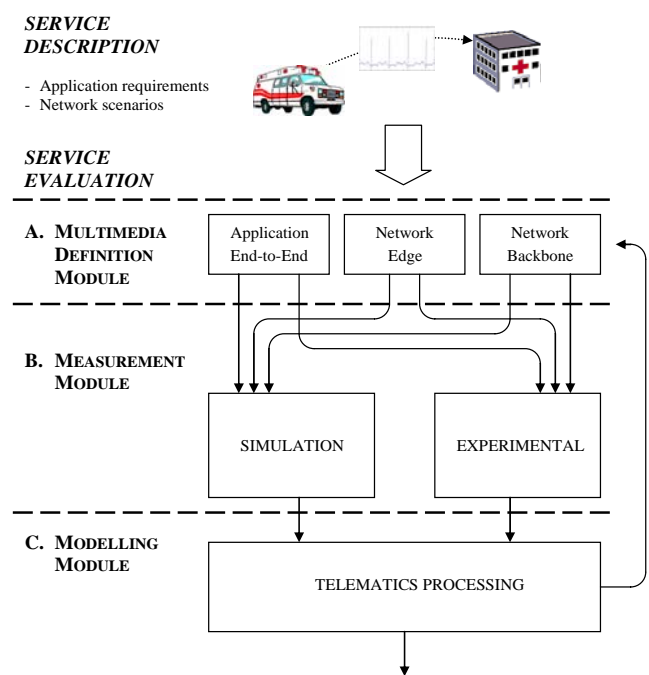


Fig. 1. Metodología de evaluación técnica

2. Metodología

Un servicio de telemedicina suele consistir en una aplicación que transmite información sobre una red de comunicaciones. La implementación del servicio puede optimizarse desde diferentes perspectivas: ajustando el diseño de las aplicaciones extremo a extremo y mejorando las características de las redes de acceso/interconexión. Con el fin de facilitar ambas tareas, se propone una metodología de evaluación técnica que incluye la descripción y la evaluación del servicio. La metodología general consta de los siguientes pasos (ver Fig. 1):

i. Descripción del servicio. Implica la selección de:

- Requerimientos de la aplicación relacionados con las actividades médicas (transmisión de señales, comunicaciones multimedia, etc.).
- Escenarios de red para las conexiones inter/intra-hospitalarias, correspondientes a los entornos de redes de área extensa/local (WAN/LAN), respectivamente.

ii. Evaluación del servicio. Está formado por tres módulos:

A. Módulo de definición multimedia. Traduce la descripción del servicio sanitario en una definición telemática inicial con el fin de probar diferentes diseños. Esta traducción puede basarse en estudios teóricos o en la implementación de un entorno real. Ambas perspectivas tienen en cuenta tres puntos principales de análisis:

- Aplicaciones extremo a extremo. Selecciona los parámetros del tráfico apropiados: codificadores, métodos de compresión, etc.
- Red de acceso. Selecciona las características apropiadas del acceso: fijo o móvil, recursos disponibles, etc.
- Red de interconexión. Selecciona las tecnologías apropiadas para el enlace de red: prioridades de asignación, recursos reservados, etc.

B. Módulo de medida. A partir de las salidas del módulo anterior, este módulo realiza capturas del tráfico correspondientes a las diferentes conexiones y escenarios. La implementación de este módulo de medidas se realiza en función de dos aspectos complementarios:

- Experimental. Captura y filtra los paquetes a través de la implementación real de un escenario con el fin de realizar la caracterización experimental del tráfico.
- Simulación. Captura y filtra los eventos temporales a través de un escenario simulado para obtener diversos resultados bajo condiciones variables.

C. Módulo de modelado. Los resultados obtenidos a partir de las medidas experimentales y simuladas se comparan y evalúan tras un procesamiento telemático. Este proceso consiste en el cálculo de ciertos parámetros del tráfico necesarios para estudiar la QoS, con el fin de mejorar los dispositivos y las funcionalidades de la red, ajustando iterativamente la definición telemática inicial.

Utilizando esta metodología general, se ha medido de forma experimental una aplicación real a través de un escenario de red. Las medidas proporcionan un modelo inicial que sirve para conocer el comportamiento del servicio. Posteriormente, el modelo obtenido se simula bajo condiciones variables, permitiendo proponer mejoras al servicio. Este ajuste progresivo permite optimizar el diseño de las aplicaciones de telemedicina en función de los recursos existentes y las redes heterogéneas.

3. Service M3

La implementación de nuevos servicios sanitarios basados en telemedicina requiere una evaluación técnica para estudiar su implementación bajo diferentes condiciones de red. Se ha desarrollado un proceso automatizado para la medida de los parámetros de QoS y el modelado del servicio multimedia. Esta herramienta, *Service M3 (Service Multimedia Measurement & Modelling)*, está dividida en tres módulos:

A. Módulo de definición multimedia. Traduce los requerimientos clínicos en parámetros telemáticos que puedan ser medidos y evaluados.

B. Módulo de medida. Captura tanto el tráfico real como el simulado en un formato que facilita su evaluación; ajustando, de forma iterativa, la definición inicial del modelo. Consta de dos herramientas:

B1. Experimental. Esta aplicación (*Real M3*) implementa el proceso de medida de tráfico real (mediante el *software tcpdump* [6] que utiliza la librería *libcap* para la captura de paquetes, basado en el sistema *Berkeley Packet Filter* (BPF). Cada prueba se define utilizando un fichero de configuración que contiene las direcciones IP y los puertos de los programas generador y receptor de cada conexión, así como del equipo de medida. Este fichero también puede incluir los parámetros del tráfico generado si se ha seleccionado la opción de utilizar un programa generador de modelos de tráfico. En Fig. 2(a) puede verse una captura de la pantalla de esta aplicación, que incluye:

- Captura de paquetes. Una vez definido el escenario de red, se inicia el proceso de medida, siguiendo la RFC2330 [7] de *IP Performance Metric* (IPPM) y utilizando el *software tcpdump*. El tráfico de la aplicación es capturado por medio de las marcas temporales que *libcap* aplica a cada paquete. Como resultado, se obtienen dos ficheros de salida (uno en emisión y otro en recepción).
- Filtrado de paquetes. Usando los ficheros de salida generados en el paso anterior, para el filtrado se consideran direcciones IP, puertos, tipo de tráfico, etc. Como resultado del proceso, cada par de ficheros es analizado obteniendo de esta forma información acerca de los paquetes capturados: identificador, instante de envío, instante de recepción, tamaño del paquete, retardo, etc. Estos datos se almacenan en un fichero de resultados con un formato apropiado.

B2. Simulación. Esta aplicación (*Simulated M3*) controla la ejecución del programa *Network Simulator* (NS) [8] para la simulación del proceso de medida. Cada prueba simulada se automatiza utilizando un fichero de entrada (contiene los valores para las propiedades de los agentes y los enlaces, obtenidos a partir de capturas reales o estudios teóricos) y una definición configurable de la red (que genera el entorno completo de la simulación). En Fig. 2(b) se muestra una captura de la pantalla de esta herramienta. El proceso para las medidas simuladas es similar al proceso para las medidas reales e incluye los siguientes pasos:

- Captura de eventos. Se inicia la ejecución del programa NS y los eventos temporales (*timestamps*) se escriben en un fichero de salida.
- Filtrado de eventos. Seleccionando los identificadores de flujo, los tipos de tráfico, los nodos de envío y recepción, etc, se obtiene la información de los paquetes generados en dichos nodos. Estos resultados se presentan en el mismo formato utilizado en el proceso de medidas reales.

de análisis proporcionan tiempos intermedios (propagación, transmisión, colas, conmutación, acceso, etc.), cálculo de tasas de tráfico (PDR/SDR, *Peak/Substained Data Rate*) y rafagueo, y medidas de parámetros de QoS de la red como retardos (PTD, *Packet Transfer Delay*), pérdidas (PLR, *Packet Loss Rate*), ancho de banda (BW, *BandWidth*), etc. Además del cálculo de estos parámetros de QoS, este módulo incluye una herramienta que permite representar las gráficas y las estadísticas en un formato que facilite la evaluación. De esta forma, la interpretación y comparación de estos resultados (no solo entre diferentes pruebas de un mismo escenario, sino de la misma prueba en diferentes escenarios) permite caracterizar el comportamiento del servicio para evaluar el sistema completo.

C. Módulo de modelado. Este módulo genera un modelo completo del tráfico y de la red después de procesar los ficheros de resultados por medio de la herramienta que implementa las técnicas de análisis de QoS. Las funciones

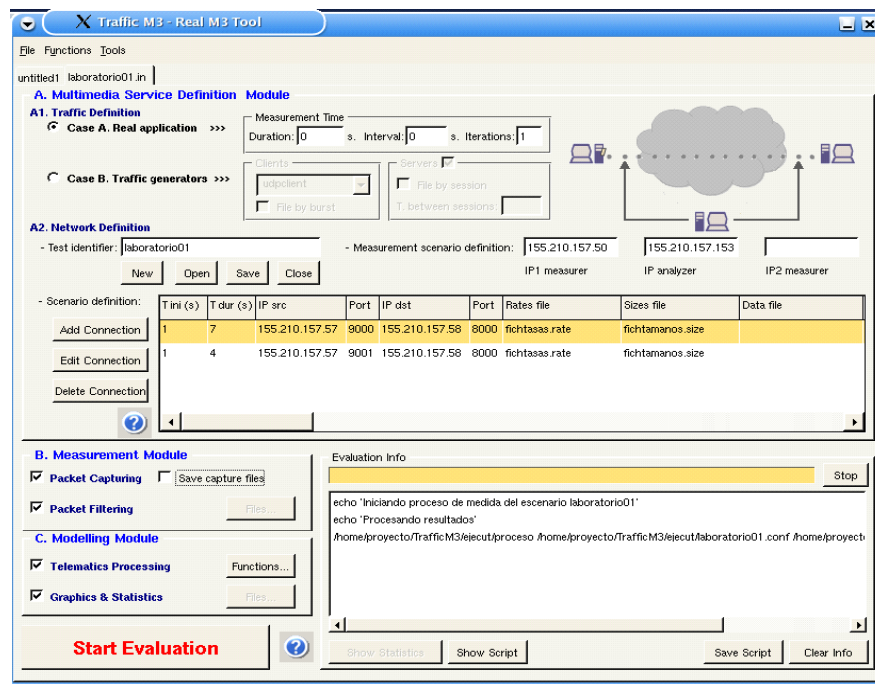


Fig. 2(a). Modulo de medidas experimentales

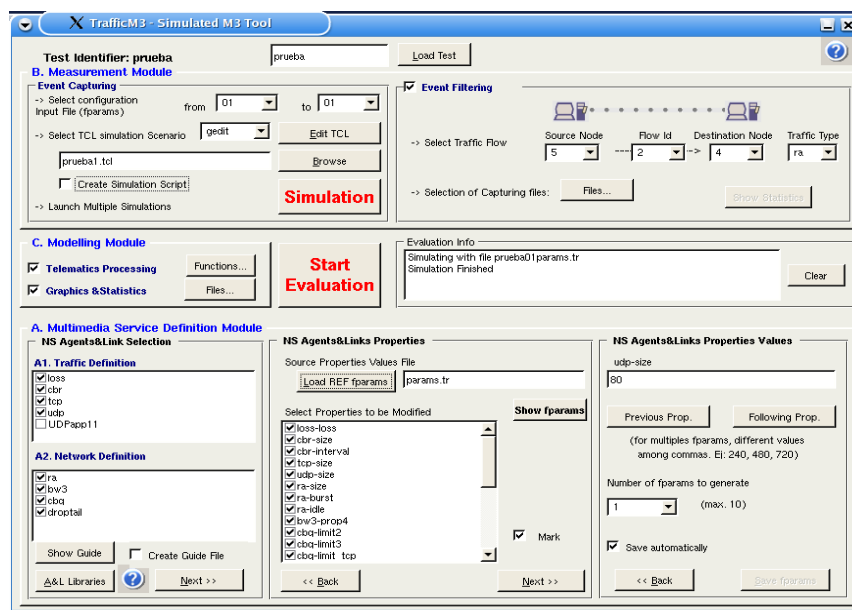


Fig. 2(b). Modulo de medidas simuladas

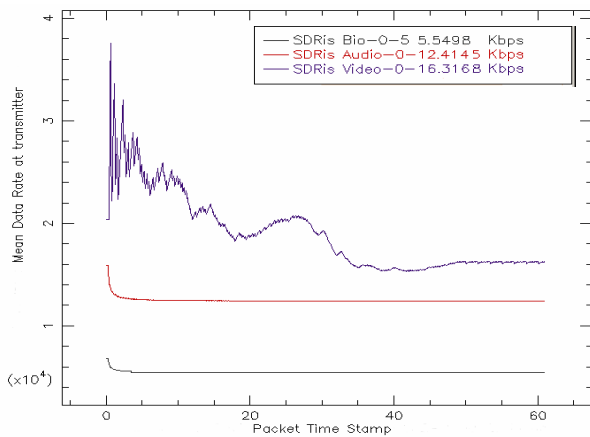


Fig. 3. Evolución del SDR para cada servicio

codificador	tasa	umbrales de QoS
bio RTP	5 Kbps	PTD < 150ms
audio AMR	12.2 Kbps	PLR < 0.10
video H.263	16 Kbps	BW < 2 Mbps

Tabla 1. Codificadores multimedia y umbrales de QoS

4. Resultados. Ejemplo de evaluación

Según la metodología propuesta se evaluó la transmisión de ECG a tiempo real (RT, *Real Time*), compartiendo los recursos disponibles con un número variable de conexiones simultáneas, siguiendo los siguientes pasos:

A. Definición multimedia. La aplicación integra servicios RT (videoconferencia y transmisión *on-line* de ECGs, usando los codificadores de la Tabla 1) y servicios *off-line* (consultas clínicas, transferencias médicas, considerados como tráfico “ruidoso” de congestión). Se instaló en dos equipos como extremos del enlace WAN (hospital y centro de salud, respectivamente). Además, se simuló el modelo del servicio para comparar los resultados de la metodología propuesta.

B1. Medida Experimental. A través del citado escenario, se envió tráfico agregado de transmisión de ECGs (*bio*) y transferencias *off-line*. Se analizaron múltiples combinaciones según la variación de aBW (para los umbrales de QoS de la Tabla 1). La Fig. 3 muestra la evolución de SDR para cada tráfico y cómo el flujo de *audio* y *bio* es más uniforme que el de *video* (por la variabilidad del proceso de captura de imágenes). Los valores medios experimentales (leyenda superior) son muy cercanos a los teóricos de la Tabla 1 (difieren por *overhead* de los protocolos de las capas bajas).

B2. Medida de Simulación. A partir de los datos experimentales, se ajustaron los parámetros de SDR (s_i y Δt_i) en función del aBW de múltiples simulaciones (ver Tabla 2). El resultado más significativo (para $s_i > 512 \text{ bytes}$ y $\Delta t_i = 90 \text{ ms}$) muestra que se necesita un aBW=128Kbps para garantizar los requisitos de QoS con un PTD < 115ms (ver Fig. 4).

C. Modelado. El envío de señales biomédicas *on-line* puede modelarse con $\text{SDR} = f(s_i, \Delta t_i)$. Estos parámetros se relacionan con los ratios de compresión de ECG (s_i) y las tasas de transmisión RT (Δt_i) del codificador. La metodología propuesta permite el ajuste dinámico del comportamiento del servicio según el BW disponible (aBW) y los umbrales de QoS.

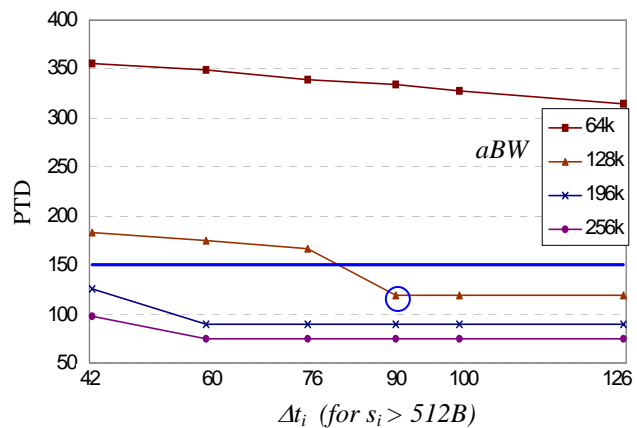


Fig. 4. Estadísticas del PTD en las pruebas simuladas

parameter	variation range
s_i	40-80-240-480-512-1024-1500 (bytes)
Δt_i	30-42-60-76-90-100-126 (ms)
aBW	32-64-128-192-256-384-512 (Kbps)

Tabla 2. Rangos de variación de las simulaciones

5. Conclusiones

Se ha propuesto una metodología para la evaluación técnica de QoS. Incluye la descripción del servicio, considerando tanto los requisitos de la aplicación como la topología de la red, y su evaluación implementada mediante la herramienta Service M3. Esta herramienta incluye la definición del servicio multimedia (a partir de tráfico real o estudios teóricos sobre dispositivos reales o condiciones simuladas de los equipos) y el proceso de medida y modelado (análisis de parámetros, validación de modelos y comparación con el comportamiento real). Se ha evaluado con un servicio representativo de telemedicina, basado en el envío de ECGs a tiempo real. Así, el trabajo propuesto constituye una metodología versátil y automatizada de evaluación técnica que permite medir los requisitos de QoS y optimizar el diseño de servicios de telemedicina según los recursos de la red.

6. Agradecimientos

Este trabajo ha recibido el apoyo de proyectos de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) y Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER) TIC2001-2481 y TIC2001-2167-C02:02, y Fondos de Investigación Sanitario (FIS) FISG03/117.

Referencias

- [1] W.C. Hardey, "QoS Measurement and Evaluation of Telecommunications QoS", Eds. John Wiley, Handcover, 230 p. [Book Rev- R.Chodoreck, IEEE Comm Magaz, 40(2), 2002].
- [2] M. Jain and C. Dovrolis, "End-to-end available bandwidth: measurement methodology, dynamics, and relation with TCP throughput", Proc. SIGCOMM, 2002.
- [3] T. Yamazaki, J. Matsuda, "Adaptive QoS management for multimedia applications in heterogeneous environments: A case study with video QoS mediation", IEICE Trans. Commun., vol. E82-B, no. 11, pp. 1801-07, 1999.
- [4] A. Mercado et al, "Adaptive QoS for Wireless Multimedia Networks using Power Control and Smart Antennas", IEEE Trans. on Vehicular Technology, vol. 51, n° 5, pp. 1223-33, 2002.
- [5] I.Martínez, J.Salvador, J.Fernández, J.García, "Traffic requirements evaluation for a Telemedicine network", I International Congress on Computational Bioengineering ICCB'03, pp. 389-394, 2003.
- [6] TCPDUMP software. <http://www.tcpdump.org>.
- [7] RFC2330. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2330.txt>.
- [8] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-documentation>.