

Estudio de la variabilidad de QoS en entornos móviles para servicios de e-Salud: mecanismos adaptativos de decisión

I. Martínez, J. García, E. Viruete

Grupo de Tecnología de las Comunicaciones (GTC). Instituto de Investigación de Ingeniería en Aragón (I3A)
Centro Politécnico Superior (CPS). Universidad de Zaragoza (UZ).
Edificio Ada Byron. Campus Río Ebro. C/ María de Luna 3, 50.018 – Zaragoza (Spain)
Teléfono: 976 76 19 45 Fax: 976 76 21 11 E-mail: imr@unizar.es

Abstract. *The analysis of new e-Health services in mobile environments, where resources are usually limited and network conditions are continuously changing, implies a specific technical evaluation in order to guarantee Quality of Service (QoS). This work quantifies the QoS level regarding the available resources and proposes a methodology for selecting which simultaneous services fulfill the requirements. The results obtained allow developing an adaptive mechanism for selecting the best services combinations and application codecs according with the varying network resources.*

1 Introducción

Los entornos móviles se postulan como uno de los más importantes retos tecnológicos en la actualidad y en los próximos años [1]-[3]. En este contexto, los avances aplicados a e-Salud son extraordinarios y han permitido ampliar la cantidad y mejorar la calidad de los servicios ofrecidos [4]-[6]. La telemedicina móvil constituye un área nueva dentro de la e-Salud que trata de aprovechar los avances más recientes en el contexto de las redes móviles para aplicarlos al entorno de los servicios sanitarios. La convergencia de información e infraestructuras de telecomunicaciones alrededor de los sistemas de telemedicina y teleasistencia médica fomenta el desarrollo de muy diversas aplicaciones móviles eficientes y de bajo coste [7]-[9]. Así, telemedicina móvil se identifica con tele-emergencias ya que la única forma de comunicar una ambulancia con un hospital es a través del canal inalámbrico [10]-[12].

A partir de estas interesantes experiencias previas [1]-[12], resulta necesario avanzar en el estudio de la variabilidad de la calidad de servicio (*Quality of Service*, QoS) en entornos móviles y proponer nuevas técnicas para controlar de forma adaptativa los parámetros característicos del servicio diseñado, en función de los recursos disponibles en el canal. Para ello, en este trabajo se ha utilizado un sistema previo de telemonitorización de pacientes desde vehículos de emergencias médicas [13]. El sistema incluye distintos tipos de servicio (*Type of Service*, ToS) que requieren de análisis específicos para aplicaciones médicas y de estimaciones precisas del nivel de QoS que puede ofrecerse [14], [15].

El entorno de emergencias médicas lo constituye una UVI móvil equipada de forma adecuada que puede conectarse a una red hospitalaria a través de la red móvil *Universal Mobile Telecommunications System* (UMTS) [16]. En los hospitales, uno o varios médicos especialistas participan en una conferencia multipunto con el personal de la

ambulancia en un entorno multicolaborativo, recibiendo información biomédica sobre el paciente convenientemente comprimida y codificada, y facilitando de esta forma el diagnóstico previo a la recepción del paciente. La aplicación diseñada para la UVI móvil (véase Fig.1) incluye varios módulos inteligentes (señales biomédicas, videoconferencia, imagen de alta resolución, pizarra y chat interactivos, envío de ficheros, web de acceso al historial clínico y reconocimiento de voz).

El estudio presentado en este artículo se ha realizado con una herramienta diseñada *ad-hoc* [17] que integra los resultados obtenidos de medidas experimentales (realizadas en el Laboratorio de Telemática) y de medidas de simulación (realizadas a partir del *software Network Simulator* (NS-2) usando modelos de tráfico y red). En la *Sección 2* se describen las características del escenario móvil, sus casos de uso y parámetros de evaluación. El estudio de evolución en el grado de QoS según los recursos disponibles se detalla en la *Sección 3* para distintas combinaciones de interés: servicios multimedia, biomédicos, y simultaneidad de múltiples servicios. Los resultados obtenidos y su aplicación a mecanismos de decisión adaptativa de QoS se discuten en la *Sección 4*.



Fig. 1. Aplicación de telemonitorización diseñada para UVI móvil sobre UMTS, que incluye módulos específicos en tiempo real.

2 Metodología de evaluación

Los sistemas de e-Salud implementados en entornos móviles suelen basarse en la interconexión entre un médico no especialista (desde una ambulancia o UVI móvil) y su correspondiente hospital de referencia para intervenir con todos los medios a su alcance para salvar la vida del paciente en el trayecto “lugar del accidente-hospital más próximo”, véase Fig.2. Se asocian a servicios de tele-emergencias, teleurgencias ambulatorias, etc. Las características técnicas de la comunicación se asocian a tecnologías móviles (*Global System for Mobile communications* GSM, *General Packet Radio Service* GPRS, o UMTS), que presentan un canal con alta variabilidad, con los recursos de red limitados y, probablemente, con prestaciones que no se mantienen uniformes [18].

Así, para evaluar las situaciones más restrictivas del canal móvil, se ha considerado en este estudio que cada conexión de usuario presenta una tasa de transmisión máxima hacia el hospital (*upstream*) $r \leq 64\text{kb/s}$ en el punto de acceso. En esta conexión de usuario se agrupan diversos ToS, todos ellos con características *Real Time*, RT, ya que requieren garantizar un nivel mínimo de retardo (*End-to-End Delay*, EED) y pérdidas (*Packet Loss Rate*, PLR). Este planteamiento resulta interesante ya que analiza las limitaciones de los recursos disponibles, las implicaciones de variabilidad del entorno móvil (heterogeneidad, desvanecimientos), y cómo influyen en garantizar QoS. Con esta idea, y para contemplar la casuística que se da en este entorno móvil, se plantean los siguientes casos de uso (*Use Case*, UC) incluidos en Fig. 2.

2.1 Casos de uso

A partir de la descripción técnica del escenario móvil, se proponen diversas combinaciones de evaluación (véase Fig. 2) que recogen la casuística significativa de ToS para permitir la estimación y evaluación de QoS. La descripción de estos UCs es la siguiente:

- **UC1.** El caso de uso más frecuente es transmisión RT de señales vitales (ECG, pulso, tensión arterial) para monitorizar al paciente (RT.Bio).
- **UC2.** Incluyendo UC1, se añade al caso anterior una videoconferencia RT con el especialista para apoyo al diagnóstico (RT.Media), que incluye servicios de audio (RT.Audio) y vídeo (RT.Video).
- **UC3.** Incluyendo UC2, se añade la transmisión RT de imágenes de alta resolución (RT.Image).
- **UC4.** Incluyendo UC3, se añade el envío de datos clínicos/administrativos, y consultas remotas a las bases de datos del hospital para actualizar el Historial Clínico Electrónico (RT.HCE).

En cada UC interesa estudiar la evolución del grado de QoS en función de los recursos disponibles: evaluar si las condiciones variables del canal suponen cambios significativos de rendimiento, si los requisitos mínimos se mantienen según el número de combinaciones simultáneas de diferentes ToS, etc. Los resultados y tendencias se han obtenido utilizando la herramienta integrada de evaluación experimental y de simulación [17]. A partir de ellos, interesa analizar los límites de QoS en situaciones críticas de recursos para poder plantear algoritmos de decisión de parámetros óptimos en cada caso.

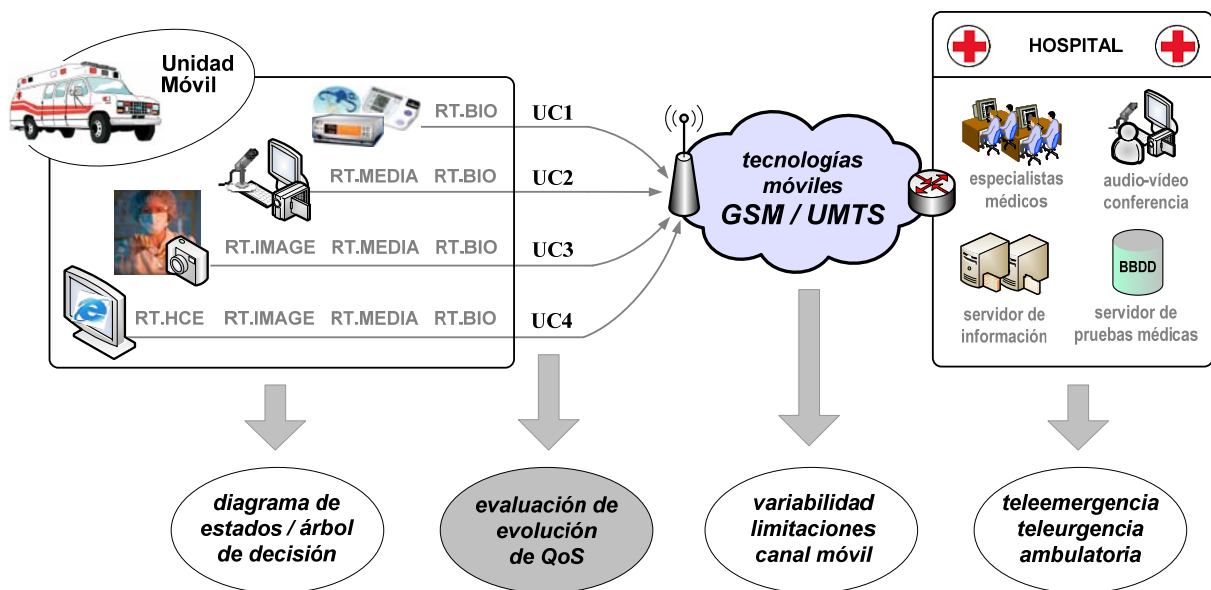


Fig. 2. Escenario de evaluación para un servicio tiempo real de e-Salud en entorno móvil entre una ambulancia o unidad móvil y el hospital, incluyendo transmisión de señales biomédicas, audio/vídeo-conferencia, envío de imágenes de alta resolución, y actualización del HCE.

2.2 Modelo de servicio

El modelo de servicio empleado en este artículo se basa en las contribuciones detalladas en [19], y se ha diseñado a partir de resultados obtenidos previamente [15]-[17] y de las principales aportaciones sobre QoS en la literatura [20]-[28]. Además, en Apéndice I se muestra una tabla resumida que incluye, para cada ToS, sus *codecs* y parámetros característicos (resaltando en negrita los correspondientes a los resultados concretos presentados en este trabajo). Estos modelos propuestos responden al concepto de QoS desde el punto de vista tanto de las aplicaciones como de las tecnologías de red y, desde ambos puntos de vista, se propone un esquema genérico de evaluación para escenarios rurales, véase Fig.3.

Así, para analizar el grado de QoS que se proporciona en el sistema, se ha seguido una metodología de evaluación técnica [19], dividida en dos fases:

- *Fase A.* A partir de un montaje de laboratorio con la aplicación real diseñada, se monitorizan medidas experimentales sobre la red móvil configurada. Así, se obtienen trazas de tráfico que permiten caracterizar el servicio y modelar sus parámetros de interés (en el Apéndice I se detallan los *codecs*, con sus rangos de variación, empleados en este estudio). Estos resultados, junto a los estándares publicados y aportaciones particulares para servicios de e-Salud consultadas [20]-[24], se usan como parámetros de entrada en las simulaciones de la fase B.
- *Fase B.* A partir de las trazas experimentales y de los modelos de tráfico y red implementados en un entorno de simulación, se evalúan múltiples situaciones combinatorias para poder obtener los valores óptimos de cada parámetro significativo.

Sobre esta metodología, siguiendo los UCs previos, y para evaluar la evolución de QoS de cada ToS, se ha establecido en Tabla I una escala de umbrales específicos de retardo (EED_{th}), pérdidas (PLR_{th}) y calidad de la información. Estos umbrales se obtienen como combinación de requerimientos específicos obtenidos en [25]-[28] y recomendados por los estándares ITU [20] para cada ToS empleado. Por ejemplo, para combinaciones de dos servicios simultáneos multimedia (RT.Audio y RT.Video):

- $EED_{th} = \{EED_{th.Audio}, EED_{th.Video}\} = \{150, 100 \text{ (ms)}\}$;
- $PLR_{th} = \{PLR_{th.Audio}, PLR_{th.Video}\} = \{12, 10 \text{ (%)}\}$; y
- calidad de información medida con los parámetros: tamaño máximo de ráfaga (*Maximum Burst Size*, MBS) y tolerancia a ráfagas (*Burst Tolerance*, BT).

A partir de esta notación se ha definido el grado de QoS (α) según el factor de degradación de la calidad del servicio desde $\alpha = 10$ (calidad óptima) hasta $\alpha = 0$ (sin calidad garantizada). Así mismo, se ha definido el factor de recursos disponibles (β) desde su valor máximo (100% de recursos, $\beta = 1$ que correspondería a una tasa máxima de $r=64\text{kb/s}$, considerando la situación más restrictiva del canal móvil) hasta su valor mínimo (10% de recursos, $\beta=0.10 \rightarrow r=6.4\text{kb/s}$). Siguiendo el ejemplo anterior, un servicio de calidad ($\alpha = 8$) permitiría los siguientes márgenes (Tabla I):

- EED: 90ms (en RT.Audio), y 60ms (en RT.Video);
- PLR: 7.2% (en RT.Audio), y 6% (en RT.Video); y
- Calidad de información: 80% de calidad máxima con MBS=6 y BT=0.15 (en RT.Audio); y MBS=15 y BT=0.85(en RT.Video), según resultados empíricos y de simulación obtenidos en [16]-[17].

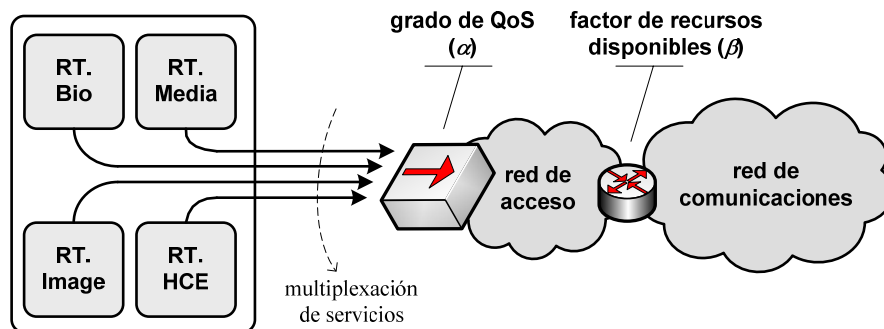


Fig. 3. Esquema genérico de parámetros de tráfico (de aplicación y de red) asociados a la evaluación de escenarios móviles de e-Salud.

TABLA I. GRADOS DE QoS (α) PROPUESTOS EN ESTE ESTUDIO PARA LA EVALUACIÓN DE ENTORNOS MÓVILES

α	calidad de servicio	calidad de información	nivel de EED	nivel de PLR
10	óptima	= 100% calidad máxima	< 10% EED_{th}	< 10% PLR_{th}
9	muy alta	> 90% calidad máxima	< 20% EED_{th}	< 20% PLR_{th}
8	alta	> 80% calidad máxima	< 40% EED_{th}	< 40% PLR_{th}
7	muy buena	> 70% calidad máxima	< 60% EED_{th}	< 60% PLR_{th}
6	buena	> 60% calidad máxima	< 80% EED_{th}	< 80% PLR_{th}
5	normal	> 50% calidad máxima	= EED_{th}	= PLR_{th}
4	baja	> 45% calidad máxima	< 110% EED_{th}	< 110% PLR_{th}
3	bastante baja	> 40% calidad máxima	< 115% EED_{th}	< 115% PLR_{th}
2	muy baja	> 35% calidad máxima	< 120% EED_{th}	< 120% PLR_{th}
1	pésima	> 30% calidad máxima	< 130% EED_{th}	< 130% PLR_{th}
0	sin calidad garantizada	< 30% calidad máxima	> 130% EED_{th}	> 130% PLR_{th}

3 Estudio de evolución de QoS

Con el modelo de servicio descrito en la sección anterior, y a partir de las premisas previas comentadas, se llevaron a cabo múltiples medidas experimentales con los diferentes *codecs* y un amplio abanico de pruebas de simulación para cada UC.

En los siguientes apartados se muestran los resultados finales más representativos correspondientes a las situaciones críticas de QoS

3.1 QoS en servicios multimedia

En este apartado se recoge la primera situación de interés considerando los servicios RT.Media que plantean distintas combinaciones de RT.Audio y RT.Video. Dichas combinaciones de interés han empleado los diversos ToS recogidos en el [Apéndice I](#) y los resultados finales que se presentan en este artículo se corresponden con los *codecs* resaltados en **negrita**. Así, este estudio de situaciones que mejor se ajustan a la variabilidad de los recursos, permite seleccionar el más adecuado en cada momento para garantizar un determinado grado de QoS.

Se observa en [Fig. 4](#) que se obtienen mejores tendencias para el primer modelo de RT.Video (Video1) que para el segundo (Video2), y ocurre lo contrario con los modelos de RT.Audio: ofrece mejores prestaciones el segundo (Audio2) que el primero (Audio1). Ambas situaciones son razonables dado que ambos modelos elegidos están recomendados para tecnologías móviles.

A partir de aquí y analizando todas las combinaciones posibles para un nivel de calidad aceptable ($\alpha > 5$), se dan las siguientes situaciones:

- Para Audio2+Video1, se cumple con $\beta \geq 0.25$;
- Para Audio1+Video1, se cumple con $\beta \geq 0.45$;
- Para Audio2+Video2, se cumple con $\beta \geq 0.60$; y
- Para Audio1+Video2, se cumple con $\beta \geq 0.65$.

Planteándolo de manera complementaria, las combinaciones que incluyen Video2 sólo serían aconsejables con al menos el 60% de los recursos ($\beta > 6$), mientras que aquellas que incluyen Video1 podrían darse en situaciones más restrictivas ($\beta > 4.5$). Por debajo de este nivel, la única opción recomendada sería la primera: Audio2+Video1. Por todo ello, sería útil establecer algoritmos de decisión que permitieran seleccionar cada uno de los *codecs* disponibles en la aplicación según el grado de QoS.

En [Fig.5](#) y seleccionando un umbral mínimo de QoS aceptable ($\alpha > 5$), se esquematiza la decisión entre los modelos propuestos para los servicios RT.Audio y RT.Video que ofrecen mejores prestaciones en función del factor de recursos disponibles (β).

En una situación práctica, la implementación de este diagrama en el diseño del sistema permitiría seleccionar dinámicamente, de entre los *codecs* multimedia instalados, los que se más se asemejaran a los modelos elegidos para garantizar QoS.

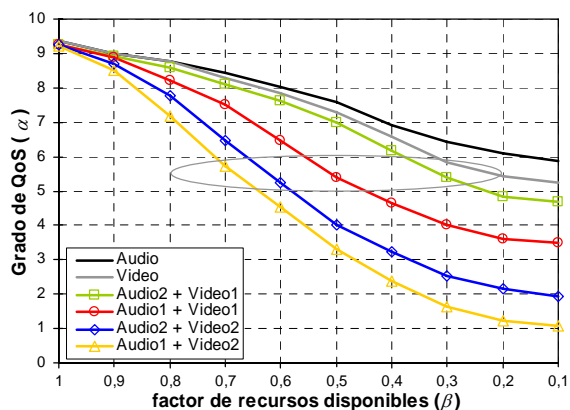


Fig.4 Evolución del grado de QoS (α) según el factor de recursos disponibles (β) para combinaciones de dos servicios simultáneos de tipo RT.Media.

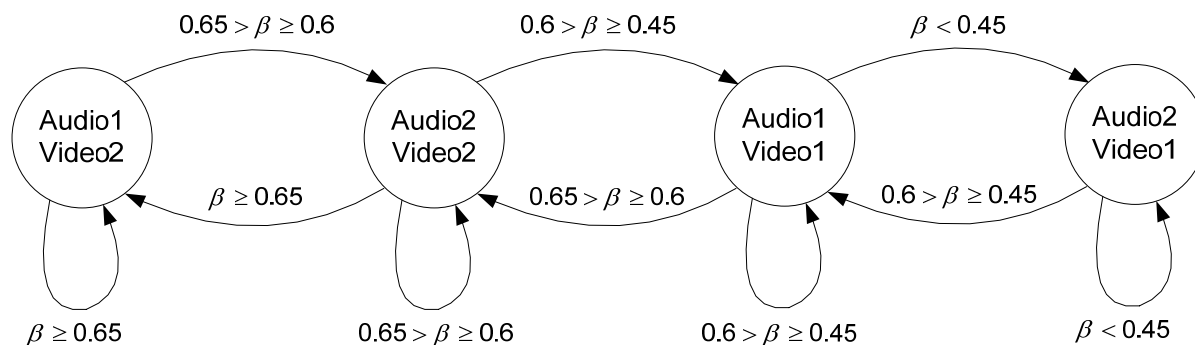


Fig.5 Diagrama de estados de decisión de QoS aplicado a combinaciones de dos servicios simultáneos de tipo RT.Media.

3.2 QoS en servicios biomédicos

La segunda de las situaciones de interés considera la combinación de todos los servicios planteados, seleccionados de dos en dos. Esta situación se correspondería con la simultaneidad, desde la ambulancia en el trayecto hacia el hospital, de alguno de los siguientes servicios (de forma continuada y en tiempo real): transmisión de los principales signos vitales del paciente (Bio), acceso remoto para consulta y actualización de su historial clínico (HCE), envío de imágenes de alta resolución (Imagen), conversación telefónica para precisar el alcance de la emergencia (Audio), y transmisión de vídeo que permita conocer en detalle la situación que se está dando dentro de la ambulancia (Video).

A partir de esta casuística, se muestra en Fig. 6 la evolución del grado de QoS para cada combinación planteada. Se constata una disminución de α respecto a β aproximadamente lineal. En todos los casos, el grado de QoS se garantiza mejor en presencia de servicio Audio que con servicio Video, ya que el primero consume menos recursos que el segundo. Siguiendo este planteamiento, se observa que el servicio Imagen requiere más recursos que el servicio Bio, y este a su vez más que el servicio HCE, considerando que todos ellos se dan en tiempo real y con transmisión de información continua. Estos resultados aportan una primera aproximación al estudio acumulativo de QoS ya que permiten secuencializar cada ToS en orden a la evolución de sus prestaciones según el factor de degradación.

Cuantitativamente, se observa en Fig. 6 que para un nivel de calidad aceptable ($\alpha > 5$), todas las combinaciones propuestas lo cumplen para el 55% de los recursos ($\beta = 0.55$). A partir de aquí, conforme se degradan los recursos, ciertas combinaciones ya no permiten garantizar QoS; como son las siguientes:

- Video+Imagen, no cumple QoS con $\beta < 0.55$;
- Video+Bio, no cumple QoS con $\beta < 0.50$;
- Video+HCE, no cumple QoS con $\beta < 0.45$;
- Audio+Imagen, no cumple QoS con $\beta < 0.35$;
- Audio+Bio, no cumple QoS con $\beta < 0.30$; y
- Audio+HCE, no cumple QoS con $\beta < 0.25$.

Estos resultados permitirían aportar mecanismos de control adaptativo de QoS mediante la óptima selección de los diversos ToS. Así, como en la sección anterior y seleccionando un umbral mínimo de QoS ($\alpha > 5$), se esquematiza en Fig. 7 la evolución de ToS que pueden simultanearse de dos en dos según disminuye el porcentaje de recursos.

Se constata que una conversación telefónica (Audio) sería posible en todos los casos, mientras que el envío de videoconferencia (Video) para observar el interior de la ambulancia sería aconsejable sólo si $\beta \geq 0.45$, dado la cantidad de recursos que consume. Además, si se analiza desde un punto de vista clínico, también sería coherente priorizar el resto de servicios (que pueden dar información más precisa del estado del paciente) respecto del envío de la señal de vídeo.

Por último, el diagrama también refleja la secuencialidad entre combinaciones de Audio con el resto de ToS: en situaciones de menor disponibilidad de recursos ($\beta < 0.25$) sólo sería posible simultanearse el acceso al HCE, mientras que un aumento de recursos permitiría simultanear también el envío de señales biomédicas (Bio, para $\beta \geq 0.30$) e imágenes de alta resolución (Imagen, para $\beta \geq 0.35$).

Igual que en el caso anterior, una implementación práctica implicaría, en función del valor monitorizado del factor β , elegir la combinación de ToS más adecuada a los requisitos exigidos de QoS.

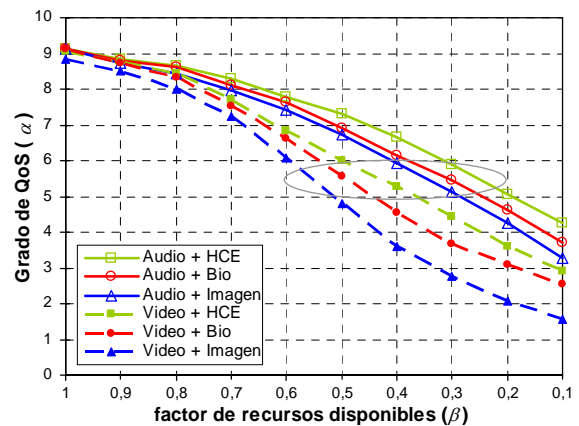


Fig.6 Evolución del grado de QoS (α) según el factor de recursos disponibles (β) para combinaciones de dos servicios simultáneos de tipo RT.HCE o RT.Bio o RT.Imagen.

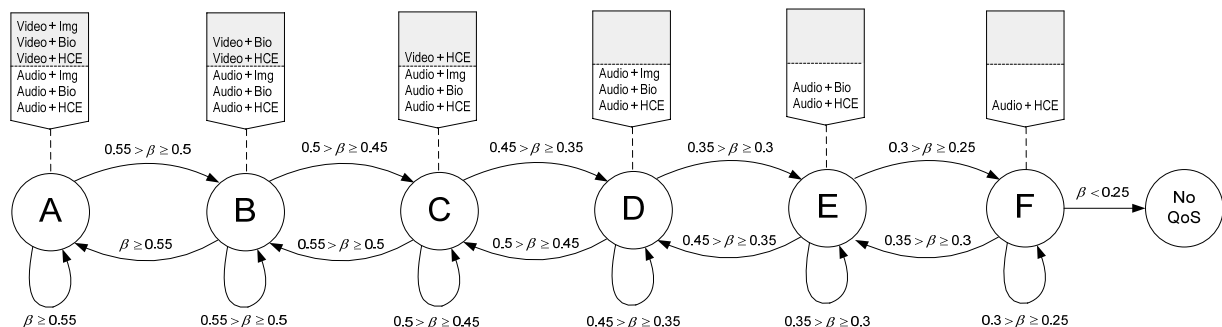


Fig.7 Diagrama de estados de decisión de QoS aplicado a combinaciones de dos servicios de tipo RT.HCE o RT.Bio o RT.Imagen.

3.3 QoS en múltiples ToS

La última de las situaciones planteadas, analiza las combinaciones más críticas que agrupan el mayor número de ToS simultáneos. Los resultados se han clasificado en dos bloques atendiendo a los criterios de funcionamiento del sistema de tele-emergencias.

El primer bloque, véase Fig. 8(a), incluye las combinaciones de Audio+Imagen o Audio+Video con el resto de ToS, para plantear las situaciones en las que se prioriza la comunicación telefónica entre la ambulancia y el hospital (Audio), junto con el envío o de imágenes de alta resolución (Imagen) o de imágenes del interior de la ambulancia (Video).

El segundo bloque incluye las combinaciones de Bio+HCE con el resto de ToS, para las situaciones en las que es crítico el envío de señales vitales (Bio), junto con la opción de consultar el historial clínico (HCE). Estos casos, como muestra Fig. 8(b), son los que añaden necesariamente más ToS ya que puede resultar imprescindible incorporar la transmisión de imágenes de interés clínico (Imagen), la conversación telefónica con el hospital (Audio), el envío de imágenes del interior de la ambulancia (Video), o incluso la conjunción de todos los servicios.

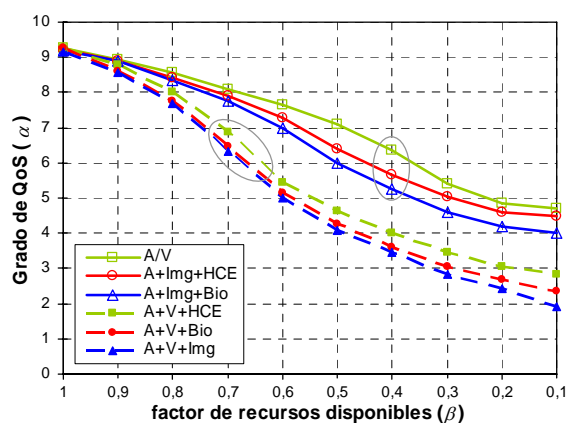
Así, para el primer bloque, se observa en Fig. 8(a) tendencias similares al simultanear Audio+Img con Bio y con HCE, obteniéndose grados de QoS aceptables ($\alpha > 5$ para $\beta > 0.40$). Resulta significativo observar que estas dos combinaciones de tres servicios simultáneos dan prestaciones similares (no significativamente menores) a la mejor combinación de Audio+Video. Si se comparan estas tendencias con las últimas (Audio+Video simultáneos con HCE, Bio e Img), se observa que las prestaciones que ofrecen las tres se agrupan en un margen de 1 punto en el grado de QoS, y a su vez, rebajan en 1.5 puntos respecto de las tendencias anteriores: para $\beta > 0.70$, $\alpha \in (6, 7)$; frente a $\alpha \in (7.5, 8.5)$ para $\beta > 0.80$.

Estos resultados reflejan, por ejemplo, que con un 60% de recursos disponibles, el envío de imágenes clínicas o videoconferencia sería asumible mientras que, con $\beta < 0.60$, sería aconsejable suprimir el video para garantizar QoS en la calidad de la transmisión de audio y de la resolución de las imágenes.

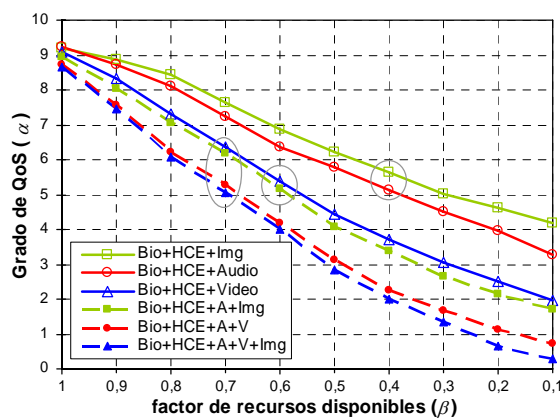
Para el segundo bloque, véase Fig. 8(b), en términos generales se aprecia que disminuye más bruscamente el grado de QoS conforme disminuyen los recursos, debido al mayor número de ToS simultáneos. Las combinaciones de tres servicios (Bio+HCE con Imagen, Audio o Video) ofrecen rendimientos aceptables ($\alpha > 5$ para $\beta > 0.60$), destacando que se aprecian tendencias similares con los servicios de Video y de Audio+Imagen (y también entre servicios de Audio+Video y de Audio+Video+Imagen).

Esta situación se justifica por el consumo de recursos asociado a estos servicios, comentado anteriormente, y aconseja de nuevo la necesidad de diseñar un algoritmo decidor y un mecanismo de control de QoS que permita seleccionar las combinaciones de ToS más adecuadas según los factores α y β .

Para terminar esta sección, sería interesante comentar que en trabajos complementarios [29] al diseño de este mecanismo de control de QoS también se han tenido en cuenta las implicaciones de la degradación de los recursos en la validación clínica de las señales biomédicas intercambiadas. Además, entre las líneas futuras de trabajo se incluyen los aspectos *hardware* (características técnicas de los dispositivos móviles, autonomía, consumo, etc.) para su implementación real. Aún así, el coste computacional implicado en la obtención de los resultados presentados ha sido, en todos los casos, asumible para su implantación en un servicio móvil. Esto es fundamental ya que el decidor debe responder de forma adecuada y en tiempo real a los parámetros monitorizados de la red cuando se produzcan variaciones en los recursos disponibles.



(a) Combinaciones menos críticas



(b) Combinaciones más críticas

Fig.8 Evolución del grado de QoS (α) según el factor de recursos disponibles (β) para múltiples combinaciones de servicios simultáneos a tiempo real.

5 Discusión. Conclusiones

Este trabajo presenta un amplio estudio de evolución del grado de QoS en servicios de e-Salud según los recursos disponibles en entornos móviles de alta variabilidad de prestaciones y capacidad limitada.

Los resultados obtenidos permiten, a partir de la monitorización de las condiciones del canal móvil, implementar un algoritmo adaptativo de control de QoS que permita seleccionar los *codecs* y parámetros de aplicación óptimos en cada situación: por ejemplo, distintos servicios o modelos de audio y/o vídeo.

Se han presentado diversos diagramas de estados que permiten seleccionar la combinación más adecuada de ToS según las prestaciones instantáneas. Además, su diseño es automático siguiendo la metodología de evaluación propuesta y se puede extender al análisis de simultaneidad para servicios multimedia.

Las líneas futuras de trabajo plantean implementar un algoritmo decisor que permita priorizar los servicios que exijan calidad garantizada (por ejemplo, audio e imágenes médicas frente a vídeo), con propuestas de mejora en el diseño de los métodos de control de QoS.

Apéndice I. Modelos usados para cada ToS

ToS	codec	algoritmo	r_d (kb/s)	s_p (bits)
RT Audio1	G.711	PCM.leyA	48 - 64	6-8
	G.72x	ADPCM	16 - 64	2-3-4-5-6-8
RT Audio2	G723.1	ACELP	5.3-6.4	184
	G.728/9	CS.CELP	8/16	10/80
RT Video1	CELTP	LPC-10	2.4 - 4.8	20-24
	GSM	RPE-LTP	13.2-22.8	240-320
RT Video2	AMR_x	AMR	4.7-12.2	95-244
	H.261	$k=1...30$ 348k-2M	$k=64$ 110 - 320	CIF 352x288 QCIF 176x144
RT Bio	H.263	15-25fps 25-30fps	20 - 200 24.8-768	4CIF 704x576 16CIF 1048x1152
	H.120	H.32x	50-100	CIF 352x288
RT HCE	MPEGx	MPEG	150-500	QCIF 352x240
	MJPEG	MJPEG	250-600	QCIF 352x288
RT Imagen	ECG	SCP.ECG	5-32-64	250B/canal
	ECO	MPEG	384	512x512 (8b/pix)
RT HCE	BP/SpO ₂	CBR	2-8	32,16,8
	XML	HTTP	24-40	250B-500B
RT Imagen	HTTP	HTTP	6-12-24	20-50-100B
	JPEG	24b/pix	50 - 200	640 x 480 pix
RT Imagen	BMP	RLC	40 - 400	640 x 480 pix
	GIF/PNG	LZ/Huff	10 - 200	640 x 480 pix

r_d = tasa de datos (kb/s), s_p = tamaño de paquete de datos (bits)
El modelo de servicio usado se basa en las contribuciones de [19],
y se ha diseñado a partir de las aportaciones técnicas en [20]-[29].

Agradecimientos

Este trabajo ha recibido el apoyo de proyectos de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) y de los Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER) TSI2004-04940-C02-01, del VI Programa Marco (Pulsers II IP) IST-27142, y del Ministerio de Educación y Ciencia (beca FPU AP-2004-3568).

Referencias

- [1] J.H. Sanders, "The future of telemedicine," *Int. Conference on Medical Aspects of Telemedicine*, pp. 64-65, 2000.
- [2] E.J. Gómez, F. del Pozo, M.T. Arredondo, "Telemedicine: a new model of health care," *Int. Journal of Healthcare Technology Management*, 1(3-4):374-30, 1999.
- [3] Oficina para el Desarrollo de las Telecomunicaciones, "La telemedicina en el mundo. Situación actual. Informe final. 1ª Parte," *Int Telemed*, vol. 7, pp.6-81, 1998.
- [4] R.H. Istepanian, B. Woodward, E. Gorilas and P. Balos, "Design of mobile telemedicine systems using GSM & IS-54 telephone standards," *J Telemed Telecare*, 4(1):80-82, 1998.
- [5] R.H. Istepanian *et al.*, "The comparative performance of mobile telemedicine systems using IS-54 and GSM telephone standards," *J Telemed Telecare*, 5(2):97-104, 1999.
- [6] K.C. Lun, "On-line healthcare," *Int Conf on Medical Aspects of Telemedicine*, 1(1):15-9, 2000.
- [7] K. Shimizu, "Telemedicine by mobile communication," *IEEE Eng Med Biol Mag*, 18(4):32-44, 1999.
- [8] M.F.Cabrera, M.T.Arredondo, A.Rodríguez and J.Quiroga, "Mobile technologies: the results of a telemedicine solution," *AMIA Annual Symposium*, pp. 72-75, 2001.
- [9] B. Woodward, R.S.H. Istepanian and C.I. Richards, "Design of a Telemedicine System Using a Mobile Telephone," *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed*, 5(1):13-15, 2001.
- [10] P. Giovias *et al.*, "Transmission of electrocardiograms from a moving ambulant," *J Telemed Telecare*, 4(1):5-7, 1998.
- [11] D. Gagliano, "Wireless ambulance telemedicine may lessen stroke morbidity," *Telemedicine Today*, 6(1):22, 1998.
- [12] S. Pavlopoulos *et al.*, "A novel emergency telemedicine system based on wireless communication technology," *IEEE Trans Inf Technol Biomed*, 2(4):261-7, 1998.
- [13] J. Ruiz *et al.*, "Design of an Enhanced 3G-Based Mobile Healthcare System," *Handbook of Research on Mobile Multimedia*. Ismail Khalil Ibrahim Eds. pp. 521-533, 2006.
- [14] M. Kosuga *et al.*, "Adaptive QoS management using layered multi-agent system for distributed multimedia applications," *Int Conf on the Parallel Processing*, pp. 388-394, 1999.
- [15] E.A.Viruet, J. Fernández, I. Martínez, "Evaluation of QoS in Internet accesses for Multimedia applications," *IEEE Comm Consumer and Networking Conf*, vol.1, pp.356-360, 2006.
- [16] E.Viruet, C. Hernández, I. Martínez *et al.*, "New services of medical telemonitoring over 3G networks," *I+D Health and Informatics National Magazine SEIS.I+D*, no. 52, 2005.
- [17] I. Martínez, A. Valero, E. Viruete, J. Fernández, J. García, "QoS M3. Herramienta de modelado de tráfico y tomografía de red para servicios de telemedicina," *Jornadas de Ingeniería Telemática JITEL*, pp. 423-430, 2005.
- [18] J.Suryana, "Mobile healthcare system using GSM technology," *Telemedicine Research Group*, 2002.
- [19] I. Martínez, "Contribuciones a modelos de tráfico y control de QoS en los nuevos servicios sanitarios basados en telemedicina," *Tesis Doctoral*, Univ. Zaragoza, 2006.
- [20] N. Seitz, "ITU-T QoS standards," *IEEE Communications Magazine*, 41(6):82-89, 2003. [Recomendaciones ITU consultadas en este artículo (<http://www.itu.int/rec/>): G.711 (PCM), G.114, G.723.1, G.722, G.726, G.728, G.729 (CS-ACELP), y G.729A para audio; H.261 y H.263 para vídeo].
- [21] A. Eloy, K.D. Hackbarth, A. Brand and R. Lehnert, "Modelos analíticos para tráfico de voz sobre IP," *Jornadas de Ingeniería Telemática (JITEL)*, pp. 457-464, 2003.
- [22] R. Schaphorst, "Videoconferencing and videotelephony. Techn and standards," *Artech House Pubs*, pp. 451-54, 2000.
- [23] J.Bai *et al.*, "A portable ECG and blood pressure telemonitoring system," *IEEE Eng Med Biol Mag*, 18(4):63-70, 1999.
- [24] R. Sauhta, and S. Chandrupatla, "Study and comparison of various image/audio/video compression techniques," <http://www.eecis.udel.edu/chandrup/media.html>. Last access:07/03.
- [25] G.Carrozzo *et al.*, "QoS Evaluation of RT Applications over a Experimental Test," *Networking*, vol. 3, pp. 1093-98, 2002.
- [26] D. Price, "QoS requirements to support video and audio applications," *QoS Workshop*, 2001. Last access 30/06/06.
- [27] P.Wang *et al.*, "Experimental QoS Performances of Multimedia Applications," *INFOCOM*, pp. 970-979, 2002.
- [28] I. Martínez, J. García *et al.*, "Application Parameters Optimization to Guarantee QoS in e-Health Services," *IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2006.
- [29] A. Alesanco and J. García, "A simple method for guaranteeing ECG quality in real-time wavelet lossy coding" *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing - Special issue on "Advances in Electrocardiogram Signal Processing and Analysis"*, Article ID 93195, 9 pages, 2007.