

**TÍTULO:**

Nuevos servicios de telemonitorización médica sobre redes 3G

**TÍTULO PARA ENCABEZADO:**

Telemedicina sobre redes 3G

**AUTORES:**

Viruete Navarro, Eduardo Antonio  
Hernández Ramos, Carolina  
Ruiz Mas, José  
Martínez Ruiz, Ignacio  
Alesanco Iglesias, Álvaro  
Fernández Navajas, Julián  
Valdovinos Bardají, Antonio  
García Moros, José

**CENTRO:**

Grupo de Tecnologías de las Comunicaciones (GTC) – Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)  
Dirección:  
Edif. Ada Byron. Centro Politécnico Superior de la Universidad de Zaragoza.  
C/María de Luna, 3. 50018 – Zaragoza. Spain.

**CONTACTO:**

Ignacio Martínez Ruiz (imr@unizar.es - Tlf: 976 761945 - Fax: 976 762111)  
Dirección:  
Desp. 2.04, GTC – Dpto. Ing. Electrónica y Comunicaciones.  
Edif. Ada Byron. Centro Politécnico Superior. Univ. Zaragoza.  
C/María de Luna, 3. 50018 – Zaragoza. Spain.

**NÚMERO:**

Páginas de texto:	<b>13 (sin incluir bibliografía)</b>
Citas bibliográficas:	<b>19</b>
Tablas:	<b>1</b>
Pies de figuras:	<b>7</b>
Ilustraciones:	<b>7</b>

## RESUMEN

En este artículo se presenta un nuevo servicio de telemedicina que permite la comunicación entre médicos en una ubicación remota y especialistas en un hospital a través de un enlace *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS). En su diseño se ha buscado usar los estándares más adecuados para cada componente, favoreciendo la interoperabilidad del servicio y la posibilidad de establecer sesiones multicolaborativas. El servicio cuenta con un sistema de telemonitorización que posee, entre otros, módulos de transmisión en tiempo real de señales biomédicas (incluyendo electrocardiograma, presión sanguínea y saturación de oxígeno en sangre), videoconferencia y transmisión de imágenes de alta resolución. Además, la arquitectura en la que está basado se ubica en un contexto *middleware* que permite el acceso homogéneo al Historial Clínico Electrónico, así como la integración entre dispositivos médicos y servidores de información heterogéneos. El servicio ha sido optimizado para operar sobre redes móviles de tercera generación usando los *codec* más apropiados. Los resultados de evaluación muestran que su comportamiento es fiable sobre redes UMTS.

## ABSTRACT

This paper presents a new telemedicine service that allows communication between general practitioners in a remote location and medical specialists in a hospital through an *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS) link. The design of the service has taken into account the most appropriate standards for each of its components, in order to favour service interoperability and the establishment of multicollaborative sessions. The service includes a telemonitoring system that has, among other things, real-time biomedical signals transmission (including electrocardiogram, blood pressure and blood oxygen saturation), videoconferencing and high-resolution image transmission modules. Moreover, the architecture it is based on is placed in a middleware context that allows homogeneous access to Electronic Healthcare Records, as well as the integration between medical devices and heterogeneous information servers. The service has been optimized to operate on third generation mobile networks by using the most appropriate codecs. Evaluation results show a reliable performance of the service on UMTS networks.

## PALABRAS CLAVE

UMTS, Telemonitorización, *middleware*, Historial Clínico Electrónico, Calidad de Servicio (*Quality of Service*, QoS).

## 1. INTRODUCCIÓN

La telemedicina móvil (*m-health*) constituye un área nueva dentro de la telemedicina que trata de aprovechar los avances más recientes en el contexto de las redes móviles para aplicarlos al entorno de los servicios de telemedicina. En este escenario, la convergencia de información e infraestructuras de telecomunicaciones alrededor de los sistemas de telemedicina y teleasistencia médica está fomentando el desarrollo de muy diversas aplicaciones móviles eficientes y de bajo coste. Una revisión acerca de aplicaciones de telemedicina inalámbricas y sistemas *m-health* puede encontrarse en [1-2].

Los primeros servicios de telemedicina se desarrollaron sobre redes fijas como la Red Telefónica Básica (RTB) o la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) [3-4]. La aparición de redes móviles e inalámbricas abre nuevas posibilidades en el campo de la telemedicina gracias a la amplia cobertura que proporcionan las redes celulares y la capacidad que ofrecen para prestar servicio a vehículos en movimiento. En efecto, las soluciones basadas en comunicaciones por satélite [5-7] y, más recientemente, aquellas que usan redes móviles de segunda generación (2G) como la tecnología *Global System for Mobile Communications* (GSM) [8-11], han permitido la realización de diagnósticos remotos en entornos móviles, así como la comunicación con zonas geográficas a las que las redes fijas no llegan.

En la actualidad, la telemedicina puede verse beneficiada por la aparición de nuevos servicios móviles multimedia, los cuales, junto con el fuerte crecimiento de Internet, están creando un nuevo concepto de sociedad, la Sociedad de la Información, donde un usuario podrá tener acceso a cualquier información, en cualquier lugar y en cualquier momento. Las principales limitaciones de la tecnología GSM a la hora de dar soporte a los nuevos servicios móviles multimedia residen en que transmite datos a una velocidad máxima de 9.6 Kbps y requiere un circuito telefónico dedicado durante el tiempo de uso del servicio. Como evolución de GSM apareció el sistema *General Packet Radio Service* (GPRS), que aumenta la capacidad de transmisión de datos hasta los 171.2 Kbps y no requiere la utilización de un circuito telefónico dedicado, pudiendo compartirse con otros servicios. Pese a estas mejoras, el ancho de banda que ofrece el sistema GPRS es todavía insuficiente para dar soporte a determinados servicios multimedia en tiempo real. Los nuevos sistemas móviles de tercera generación (3G) superan las anteriores limitaciones, soportando gran cantidad de servicios con diferentes requerimientos de calidad (*Quality of Service*, QoS). En el caso de Europa, el sistema 3G seleccionado ha sido *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS), que cuenta con una capacidad de transmisión de datos aumentada hasta los 2 Mbps en interiores y 384 Kbps en exteriores. Como resultado de estas mejoras, la aparición de sistemas móviles 3G va a permitir extender el uso de aplicaciones de telemedicina más completas y flexibles.

En un esfuerzo para posibilitar el desarrollo de nuevos y más avanzados servicios móviles multimedia, la versión 5 de UMTS (*UMTS Release 5*) introduce la arquitectura *IP Multimedia Subsystem* (IMS). Esta arquitectura recomienda [12] la adopción

de *Session Initiation Protocol* (SIP) [13] como protocolo de control para nuevos servicios, de forma que puedan usarse de manera transparente sobre diferentes tecnologías de acceso como GSM, GPRS, UMTS, otras redes inalámbricas, e incluso redes fijas. La arquitectura IMS consigue esta flexibilidad mediante la separación funcional de acceso a red, transporte de datos y control. A su vez, el control puede separarse en control de datos multimedia, control de sesión y control de aplicación.

Existen multitud de aplicaciones basadas en telemedicina: atención a enfermos crónicos con diabetes, cardiología y neumología, asistencia renal, prevención y cuidados de ancianos, asistencia y hospitalización en el hogar, etc. En ellas, el paciente en su domicilio mide los parámetros biomédicos necesarios y envía las señales asociadas a los mismos mediante la aplicación de telemedicina. Entre los usuarios de dichas aplicaciones se encuentran tanto pacientes como médicos que generan y reciben información heterogénea, la cual se encuentra distribuida en diferentes servidores. Por ello, nace la necesidad de integrar y unificar el acceso a la información que contienen los servidores de datos [14]. Por otra parte, en la actualidad no existen estándares específicos para la interoperabilidad de los diferentes dispositivos usados en telemedicina: glucómetros, pulsioxímetros, monitores de electrocardiogramas (ECG), medidores de presión arterial, espirómetros o medidores de frecuencia cardíaca, entre otros. Como solución a este problema complejo, el avance en la integración se plantea mediante arquitecturas distribuidas. Estas arquitecturas se basan en tecnologías *middleware* que permiten la comunicación integrada entre elementos heterogéneos y definen herramientas que ayudan a la usabilidad general de productos facturados por vendedores distintos y en múltiples plataformas.

A continuación se va a presentar un nuevo servicio de telemedicina que incluye un sistema de telemonitorización médica conforme a la arquitectura IMS denominado PcDoctor [15]. Este sistema se pretende ubicar dentro de un entorno distribuido basado en la utilización de tecnologías *middleware*. En la sección 2 se presenta la descripción genérica del servicio de telemedicina, y se detalla la arquitectura funcional y los módulos de usuario del sistema PcDoctor. La sección 3 muestra algunos resultados representativos del funcionamiento de los módulos de audio, vídeo y transmisión de señales biomédicas. Finalmente, en la sección 4 se discuten los puntos fuertes y las futuras ampliaciones del trabajo planteado.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO DE TELEMEDICINA

El servicio de telemedicina diseñado se ubica en un entorno de emergencias médicas y telemonitorización de pacientes, como se presenta en la **Figura 1**. En las primeras fases del proyecto se establecieron, en colaboración con los médicos, los requerimientos de usuario y las especificaciones funcionales que permitieran crear un servicio de telemedicina portable y modular que pudiera implantarse en cualquier entorno utilizando cualquier tecnología de red capaz de soportar servicios multimedia. El análisis realizado para conseguir estos objetivos dio lugar a los siguientes requisitos:

- Portabilidad del sistema que permita su adaptación a cualquier entorno.
- Interfaz de usuario amigable e intuitiva.
- Diseño modular del sistema que permita independizar los distintos elementos y que facilite su ampliación o la sustitución de alguno de sus módulos.
- Creación de módulos de adquisición y representación de la información multimedia.
- Proporcionar una interfaz manos libres con reconocimiento de voz que simplifique el uso del sistema minimizando las operaciones manuales.
- Establecer mecanismos de reducción del ruido y cancelación de ecos para facilitar la utilización del interfaz del sistema en entornos cerrados y ruidosos.
- Uso de métodos eficientes de tratamiento y compresión de los datos multimedia que permitan optimizar su transmisión a través de la red.
- Garantía de la confidencialidad e integridad de los datos mediante comunicaciones seguras.
- Permitir el acceso uniforme a bases de datos remotas que contengan información clínica de los pacientes, mediante tecnología *middleware*, para sistemas físicos heterogéneos.
- Establecer sesiones multipunto que permitan la comunicación de uno o varios especialistas con médicos remotos dentro de un entorno multicolaborativo.
- Proporcionar QoS para una utilización eficiente de los recursos de red.
- Evaluación del servicio con usuarios reales.

**Figura 1 por aquí**

Para cumplir con los requisitos planteados, el diseño del servicio cuenta con el sistema de telemonitorización médica denominado PcDoctor, capaz de proporcionar servicios en tiempo real tales como transmisión de señales biomédicas (ECG, presión sanguínea y pulsioximetría), videoconferencia, imágenes de alta resolución, chat, pizarra electrónica, acceso web a bases de datos, y una interfaz manos libres con reconocimiento de voz que facilita su uso en situaciones de emergencia. La comunicación entre los médicos remotos y los especialistas del hospital se establece mediante sesiones multipunto colaborativas aplicadas a diferentes entornos de red capaces de soportar los distintos tipos de tráfico multimedia. En concreto, el diseño del sistema ha sido optimizado para trabajar con redes inalámbricas 3G y los resultados obtenidos avalan su uso sobre accesos UMTS a 64 Kbps.

Por otro lado, el diseño del servicio incluye un módulo *middleware* (Mediador/Servidor HCE) capaz de acceder de forma uniforme a los diferentes sistemas de información sanitaria y repositorios de archivos médicos, integrados con el servidor de Historial Clínico Electrónico (HCE). Este módulo utiliza tecnología orientada a objetos y *eXtensive Markup Language* (XML) como formato para la comunicación con el exterior, lo que es especialmente útil, ya que la información que cualquier centro sanitario maneja de sus pacientes puede residir en sistemas físicos distintos y, por supuesto, puede no tener un formato único. Para posibilitar el acceso uniforme a la información y permitir la comunicación entre diferentes sistemas, es necesaria la implementación de algún estándar por parte de los sistemas regionales o nacionales de salud que permita salvar la heterogeneidad a todos los niveles. En el diseño planteado se ha adoptado el preestándar ENV-13606/CEN – TC251 [16], que será de obligado cumplimiento para la mayoría de países europeos (entre ellos España) cuando alcance la categoría de estándar. Asimismo, el usuario especialista de PcDoctor no sólo tiene la capacidad de diagnosticar en tiempo real, sino que además tiene la posibilidad de guardar *off-line* los archivos correspondientes a las pruebas realizadas (ECGs, imágenes, etc.) e incorporarlas a los registros existentes del paciente para actualizar su HCE. También puede consultar vía web las bases de datos que contienen los datos administrativos o los antecedentes clínicos del paciente, proporcionando exactitud al diagnóstico. Estas consultas y la estructura de la información solicitada atienden al preestándar ENV-13606, implementado en el Mediador/Servidor HCE.

De esta forma, el servicio de telemedicina permitiría, por ejemplo, que un médico adquiriera el ECG con el electrocardiógrafo, capturara imágenes de alta resolución o estableciera una videoconferencia. A continuación, podría transmitir en tiempo real esta información, a través de PcDoctor, a un especialista remoto que use un sistema de información conforme al mismo estándar, para pedirle una segunda opinión. Dicho especialista sería capaz de visualizar las señales, interpretarlas y/o procesarlas, y emitir un informe, existiendo la opción de guardar toda esta información en el servidor de HCE y enviar un resumen de todo el proceso. Así, el médico que ordenó la prueba, u otro autorizado, puede ver los resultados de forma homogénea gracias al módulo *middleware*, accediendo de forma automática y transparente al HCE.

## 2.2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE TELEMONITORIZACIÓN MÉDICA PCDOCTOR

La arquitectura del sistema PcDoctor (ver **Figura 2**) sigue una topología en estrella con un elemento central (*Multipoint Control Unit*, MCU) que habilita el servicio de telemonitorización y permite la comunicación multipunto entre los posibles usuarios del sistema (médicos y especialistas). La MCU se ocupa de recibir la información generada por cada participante en la conferencia que se forma entre todos los usuarios, la procesa y la reenvía hacia el destino adecuado.

Los usuarios y la MCU intercambian información asociada a los servicios proporcionados (servicios de usuario) y a la presentación de los mismos (control de aplicación). Asimismo, intercambian información que permite gestionar la comunicación establecida y la calidad de dichos servicios (señalización).

**Figura 2 por aquí**

### A. SEÑALIZACIÓN

La señalización desarrollada permite intercambiar las características asociadas a los diferentes flujos de información existentes entre los elementos del sistema y está basada en protocolos estándares que favorecen la interoperabilidad del servicio a nivel de flujo de comunicaciones. Las tareas de señalización, asumidas por el protocolo SIP, se realizan estableciendo un diálogo SIP con la MCU en el que se describen, a través de mensajes *Session Description Protocol* (SDP) [17], la naturaleza de los distintos servicios ofertados. Para ello, cada elemento del sistema incorpora un agente de usuario SIP (*SIP User Agent*), ligeramente modificado en la MCU para permitir el uso de múltiples diálogos simultáneos.

Además de realizar funciones de control de sesión (establecimiento, gestión y terminación de la conferencia multipunto), el protocolo SIP es útil para tareas relacionadas con la localización del usuario dentro del entorno IMS, y constituye el soporte para los mecanismos de gestión de QoS en los enlaces, tanto radio como fijos.

#### A.1. Localización

En cuanto a las tareas de localización, cada participante en la conferencia multipunto que se establece entre los médicos en ubicaciones remotas y los especialistas en los hospitales debe registrar previamente su dirección SIP. De esta forma, se posibilita la movilidad de los usuarios dentro de la red *Internet Protocol* (IP) a través de la arquitectura IMS.

#### A.2. Gestión de la conferencia multipunto

El establecimiento, gestión y terminación de la conferencia multipunto entre los diferentes usuarios del sistema se realiza mediante el intercambio de mensajes SIP. Nada más conectarse, cada usuario crea un diálogo SIP con la MCU, uniéndose de esta forma a la conferencia. A lo largo de la misma existe un intercambio de mensajes SIP entre los distintos usuarios y la MCU, de forma que pueden variar características de la misma y se posibilita su mantenimiento. De forma similar al proceso de unión a la conferencia, cuando un usuario quiere salir de la misma, este hecho debe comunicarse a la MCU

mediante los correspondientes mensajes SIP. Los mensajes SIP, a su vez, también sirven para transportar mensajes SDP con la descripción de los servicios de usuario que pueden usarse dentro de la conferencia multipunto.

### **A.3 Gestión de la QoS**

La QoS en este sistema se encuentra fuertemente influida por las características del enlace UMTS. Los enlaces radio móviles tienen prestaciones muy variables a lo largo del tiempo, por lo que sería deseable contar con un proceso de monitorización de la QoS en los mismos para un buen funcionamiento del sistema. Este proceso es especialmente importante en la MCU, ya que es allí donde se toman las decisiones relacionadas con la QoS. Más concretamente, cuando la MCU detecta que un determinado participante en la conferencia debe modificar las características de su sesión multimedia para mejorar la QoS, renegocia la sesión afectada usando mensajes SIP/SDP. De esta forma, los participantes en la conferencia pueden modificar ciertos parámetros de protocolos de alto nivel (*codec* usados, tasa de transmisión, razón de compresión, etc.) para adaptar la información que transmiten a las características de la red.

El proceso de monitorización de la QoS es posible gracias al desarrollo de una librería de transporte que proporciona una interfaz común para el envío de la información de los servicios de usuario, así como diversas herramientas de estimación de la QoS que se obtiene de los enlaces en cada momento. Esta librería de transporte ofrece diferentes políticas de colas y herramientas diseñadas para medir los siguientes parámetros de QoS: retardo, ancho de banda y tasa de pérdida de paquetes. Ha sido desarrollada en lenguaje C++ y puede ser usada en sistemas *Windows* y *Linux*.

## **B. SERVICIOS DE USUARIO**

Los servicios de usuario incluidos en el sistema de telemonitorización desarrollado están asociados a información que se desea compartir dentro de un entorno multicolaborativo. De forma más concreta, el sistema cuenta con servicios para compartir audio, vídeo, información biomédica, imágenes de alta resolución e información de carácter gráfico y textual, así como un servicio web que permite acceder a las bases de datos donde se almacena la información clínica. A todos ellos debe añadirse un servicio definido exclusivamente para el intercambio de información de control (control de aplicación). Cada uno de estos tipos de información se encuentra asociado a un servicio de usuario determinado y utiliza un protocolo de transporte adecuado a sus características, por lo que los servicios en tiempo real (audio, vídeo e información biomédica) usan el protocolo *Real-Time Transport Protocol* (RTP) [18], mientras que el resto de servicios utilizan el protocolo *Transmission Control Protocol* (TCP).

El sistema PcDoctor está formado por una serie de módulos que permiten la adquisición, tratamiento, visualización y transmisión de la información multimedia que se envía al hospital. El diseño modular de cada uno de los servicios de usuario permite independizar los elementos entre sí y del resto de la aplicación. A continuación se presenta una descripción de los

módulos más representativos del sistema (fotografía de la **Figura 3**). No obstante, existen otros servicios de usuario, como el chat y la pizarra, que permiten el intercambio de datos con el objetivo de guiar las operaciones que realicen los usuarios remotos del sistema.

**Figura 3 por aquí**

**B1. Módulo de señales biomédicas:** Se encarga de la adquisición, compresión, codificación, representación y transmisión de las señales biomédicas en tiempo real. Los dispositivos utilizados para la adquisición de las señales biomédicas son: un electrocardiógrafo portátil que permite la adquisición de 8 derivaciones reales y 4 interpoladas de la señal de ECG, y que además permite trabajar con el *Standard Communication Protocol-ECG* (SCP-ECG) [19]; un tensiómetro que proporciona los valores de la presión sanguínea, tanto sistólica como diastólica y un pulsioxímetro que permite la observación del nivel de saturación de oxígeno en la sangre (SpO<sub>2</sub>) del paciente, así como el número de pulsaciones cardíacas y el índice de perfusión relativa (PIr), que da una referencia de la intensidad del pulso.

La señal de ECG se almacena siguiendo el estándar SCP-ECG. Para mejorar la eficiencia en la transmisión, se realiza la compresión de la información de la señal de ECG mediante la Transformada *Wavelet* (WT) y se emplea una codificación basada en códigos de longitud variable reversibles (*Reversible Variable Length Code*, RVLC).

**B2. Módulo de videoconferencia:** Realiza la captura, envío y reproducción de la información de vídeo y audio obtenidas mediante una cámara web y un micrófono, respectivamente. Con el fin de reducir el ancho de banda, estos datos se someten a un doble proceso de compresión y codificación. Para el tratamiento de la señal de vídeo se sigue el estándar H.263, mientras que el audio se codifica usando el *codec Adaptive Multi-Rate* (AMR), recomendado para UMTS por el 3G *Partnership Program* (3GPP).

Este módulo proporciona funciones básicas como el inicio, pausa y detención de la adquisición y representación de la señal de vídeo, así como el control de volumen tanto del micrófono (captura) como de los altavoces (reproducción). Debido a que cada participante sólo puede recibir una única señal de vídeo, el sistema permite elegirla de cualquiera de los usuarios que se encuentren conectados en ese momento.

**B3. Módulo de imagen de alta resolución:** Permite obtener imágenes de alta calidad mediante el uso de una cámara *Charge Coupled Device* (CCD) a color conectada al ordenador a través de una tarjeta de adquisición de imágenes. Este módulo cuenta con opciones para previsualizar las imágenes obtenidas con la cámara y modificar sus principales características en tiempo real: brillo, contraste, saturación, etc. Las imágenes capturadas pueden almacenarse y transmitirse en distintos formatos, con diversas calidades y niveles de compresión. Estas imágenes son enviadas de forma automática

al módulo de pizarra de los usuarios remotos, permitiendo señalar y marcar determinadas zonas para facilitar la realización de un diagnóstico.

En la **Figura 4** se presenta una captura de pantalla correspondiente a los módulos presentados.

**Figura 4 por aquí**

Además, el sistema PcDoctor dispone de un módulo de reconocimiento de voz que simplifica el uso de su interfaz en situaciones de emergencia, permitiendo que muchas de las funciones de la aplicación puedan controlarse mediante comandos orales. Debido a que ciertos escenarios de emergencia, como puede ser el interior de una ambulancia, suelen ser ruidosos, se han implementado dos módulos que se ocupan de la cancelación de ecos y la reducción del ruido.

### **C. CONTROL DE APLICACIÓN**

La MCU reenvía la información generada por cada servicio de usuario de acuerdo a los espacios de presentación definidos usando el servicio de control. Cada servicio tiene un espacio de presentación asociado que define la forma en la que la información debe ser transmitida y su destino. La MCU simplemente reenvía la información que recibe, excepto para los servicios de audio, vídeo, señales biomédicas y control. Respecto al servicio de audio, la MCU decodifica la señal de cada usuario, la mezcla con la señal decodificada de los otros participantes en la conferencia y codifica el resultado para transmitir una única señal de audio a cada usuario (ver **Figura 5**). En cuanto al servicio de vídeo, la MCU envía una sola señal de vídeo a cada participante de la conferencia. La señal de vídeo enviada a cada usuario puede ser seleccionada a través del servicio de control. Finalmente, el servicio de señales biomédicas es muy similar al de vídeo. La información biomédica se genera desde la ubicación remota, mientras que el resto de participantes en la conferencia sólo pueden recibirla.

**Figura 5 por aquí**

### 3. RESULTADOS

Con el fin de realizar una evaluación técnica de las prestaciones del sistema de telemonitorización PcDoctor, se han realizado diversas pruebas para medir su comportamiento sobre accesos UMTS a 64 Kbps en lo que a ancho de banda medio y retardo se refiere.

En la **Tabla 1** y en la **Figura 6** se presentan los resultados referentes al ancho de banda medio utilizado por los servicios de usuario en tiempo real. En la **Tabla 1** se resaltan en negrita las tasas medias correspondientes a las medidas presentadas en la **Figura 6**. En ellas puede observarse que la utilización de un mayor número de muestras de audio por paquete enviado a la red reduce el ancho de banda usado por el servicio de audio. En cuanto al servicio de vídeo, es el que mayor ancho de banda consume en media, aunque de forma instantánea, su consumo de ancho de banda puede variar en gran medida en función del movimiento que presente la escena de vídeo transmitida. Finalmente, se puede observar que la telemonitorización de señales biomédicas se adapta a la tasa especificada en el *codec* que usa.

Los resultados presentados son ejemplarizantes a la hora de mostrar cómo el sistema de telemonitorización desarrollado se ajusta a los requerimientos de QoS especificados. No obstante, se está trabajando en la línea de optimizar una metodología que permita ajustar de forma dinámica el comportamiento del sistema (*codec* usados, tasa de transmisión, razón de compresión, etc.) según los recursos disponibles en las redes de comunicaciones en cada momento y los umbrales mínimos de QoS definidos.

<b>Tabla 1 por aquí</b>
-------------------------

<b>Figura 6 por aquí</b>
--------------------------

Por otra parte, el retardo que sufren los servicios de usuario en tiempo real puede afectar en gran medida a su comportamiento. Los valores máximo y mínimo de retardo pueden ser usados para el dimensionamiento de los *buffer* de sistema que permitan un funcionamiento suave y sin saltos de esos servicios. Las medidas de retardo muestran un retardo máximo de unos 1400 ms sobre el enlace UMTS, si bien el retardo medio se encuentra en torno a los 200 ms. No obstante, cabe reseñar que paquetes se ven retrasados en función de su tamaño. Esto supone que los tráficos de paquetes de tamaño pequeño se ven muy influenciados por tráficos con paquetes grandes, tal y como se muestra en la **Figura 7**, la cual representa el retardo extremo a extremo del servicio de audio en presencia de tráfico de señales biomédicas. Es justo en los instantes de transmisión del ECG cuando se detectan los retardos más altos en los paquetes de audio. Por tanto, a la hora de dimensionar los *buffer* intermedios del sistema, se ha de tener en cuenta el tamaño de los paquetes que se envían por la red, ya que existe un compromiso entre dicho tamaño, el ancho de banda utilizado y la capacidad de los *buffer* para un correcto funcionamiento de los servicios en tiempo real. Este hecho es especialmente relevante en el servicio de audio, ya

que para un mejor funcionamiento del mismo haría falta un *buffer* grande. Pero, por otro lado, un *buffer* grande significaría un retardo muy alto en las conversaciones de voz entre dos usuarios del sistema, por lo que ha sido necesario llegar a una solución de compromiso para evitar perder la interactividad en las conversaciones. En este caso, se ha seleccionado un *buffer* con capacidad máxima para 240 ms de audio (12 muestras de 20 ms), pero que en las situaciones más habituales de operación no introducirá un retardo superior a los 120 ms.

**Figura 7 por aquí**

#### 4. DISCUSIÓN

En este artículo se ha presentado una visión general de un nuevo servicio de telemedicina diseñado para permitir la comunicación entre médicos desde una ubicación remota y especialistas en un hospital a través de un enlace UMTS, de forma que se pueda realizar un diagnóstico del paciente lo más rápido posible, todo ello dentro de un entorno multicolaborativo. En el diseño se ha buscado usar los estándares más adecuados para cada componente, de forma que se favorezca la interoperabilidad del servicio. Además, la arquitectura en la que está basado se ubica en un contexto *middleware* que permite el acceso homogéneo al HCE, así como la integración entre diferentes dispositivos médicos y servidores de información sanitaria heterogéneos.

Se han presentado medidas del funcionamiento del sistema de telemonitorización con el que cuenta el servicio, cuya evaluación en términos de tasas, ocupación de ancho de banda y retardo extremo a extremo, muestra que su implementación es factible sobre accesos UMTS a 64 Kbps.

Actualmente se está estudiando la mejora de la QoS, la realización de pruebas de campo en entornos reales tanto fijos como móviles, y la ampliación de los módulos de usuario incorporando la codificación y transmisión de vídeo de ecografía. La asistencia domiciliaria y la telemonitorización de pacientes crónicos son otras áreas de aplicación en las que se puede usar este servicio, por lo que su adaptación y evaluación en cada escenario particular conforman las futuras líneas de trabajo.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] C.S. Pattichis, E. Kyriacou, S. Voskarides, M.S. Pattichis, R. Istepanian and C.N. Chizas, "Wireless telemedicine systems: an overview", *IEEE Antenna's and Propagation Magazine*, vol. 44 (2), pp. 143-153, 2002.
- [2] S. Tachakra, X.H. Wang, R.S.H. Istepanian and Y.H. Song, "Mobile e-health: the unwired evolution of telemedicine", *Telemedicine Journal and e-Health*, vol. 9 (3), pp. 247-257, 2003.
- [3] M. Clarke, A. Fragos, R. Jones, and D. Lioupis, "Optimum delivery . of telemedicine over low bandwidth links," in *Proc. IEEE Information Technology Applications Biomedicine 2000*, Nov. 2000, pp. 32–37.
- [4] S. Akselsen, A. K. Eidsvika, and T. Folkow, "Telemedicine and ISDN," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 31, pp. 46–51, Ene. 1993.
- [5] M. Clarke, A. Fragos, R. Jones, and D. Lioupis, "Optimum delivery of telemedicine over low bandwidth satellite links," in *Proc. IEEE Engineering Medicine and Biology Society 2001*, vol. 4, Oct. 2001, pp. 3606–3609.
- [6] H. W. Tyrer, "Satellite wide-area-network for telemedicine," in *Proc. IEEE Aerospace Conf. 2000*, vol. 11, Mar. 2000, pp. 141–148.
- [7] L. Pierucci and E. Del Re, "An interactive multimedia satellite telemedicine service," *IEEE Multimedia*, vol. 7, pp. 76–83, Abr./Jun. 2000.
- [8] R. S. H. Istepanian, B. Woodward, and C. I. Richards, "Advances in telemedicine using mobile communications," in *Proc. IEEE Engineering Medicine and Biology Society 2001*, vol. 4, Oct. 2001, pp. 3556–3558.
- [9] M. Elena, J. M. Quero, C. L. Tarrida, and L. G. Franquelo, "Design of a mobile telecardiology system using GPRS/GSM technology," in *Proc. Engineering Medicine and Biology 2002*, vol. 3, Oct. 2002, pp.1859–1860.
- [10] E. Kyriacou, S. Pavlopoulos, D. Koutsouris, A. S. Andreou, C. Pat tichis, and C. Schizas, "Multipurpose health care telemedicine system," in *Proc. IEEE Engineering Medicine and Biology Society 2001*, vol. 4, Oct. 2001, pp. 3544–3547.
- [11] S. Pavlopoulos, E. Kyriacou, A. Berler, S. Dembeyiotis, D. Koutsouris, "A Novel Emergency Telemedicine System Based on Wireless Communication Technology—AMBULANCE", *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 2 (4), pp. 261-267, Dic. 1998.
- [12] 3GPP Technical Specification 24.229 v5.11.1, "Internet Protocol (IP) multimedia call control protocol based on Session Initiation Protocol (SIP) and Session Description Protocol (SDP)", Stage 3, Oct. 2005.
- [13] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, E. Schooler, "SIP: Session Initiation Protocol", *Internet RFC 3261*, Jun. 2002.

- [14] A. Sanchís, J.A. Maldonado, P. Crespo, M. Robles, R. García, M. Correcher, "MIDAS: Posibilitando el acceso a fuentes de información heterogéneas de manera sencilla", Actas de CASEIB 2004, Nov. 2004, pp. 293-296.
- [15] E. Viruete, C. Hernández, J. Ruiz, J. Fernández, A. Alesanco, E. Lleida, A. Ortega, A. Hernández, A. Valdovinos, J.García, "Sistema de telemonitorización en vehículos de emergencias médicas sobre UMTS", Actas de CASEIB 2004, Nov. 2004, pp. 111-114.
- [16] "European Standardization of Health Informatics", CEN/TC251, URL: <http://www.centc251.org>. Último acceso: 20-1-2005.
- [17] M. Handley, V. Jacobson, "SDP: Session Description Protocol", Internet RFC 2327, Abr. 1998.
- [18] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications", RFC 3550, Jul. 2003.
- [19] "OpenECG Portal", URL: <http://www.openecg.net>. Último acceso: 20-1-2005.

## TABLAS

	<b>Codec</b>	<b>Modo de operación</b>		<b>BWoIP (Kbps)</b>
<b>Señales biomédicas</b>	WT-RVLC	<i>Tasa (Kbps)</i>		
		5		<b>5.3</b>
		10		10.3
<b>Audio</b>	AMR	<i>Muestras/paquete</i>	<i>Tasa (Kbps)</i>	
		1	4.75	21.2
		1	12.20	28.8
		3	4.75	<b>10.5</b>
		3	12.20	18.1
<b>Vídeo</b>	H.263	<i>Frames por segundo (fps)</i>		
		5		<b>16</b>
		10		24

Tabla 1: Modos de operación y ancho de banda estimado sobre IP (BWolP) para los servicios en tiempo real.

**LEYENDAS**

**Figura 1: Descripción genérica del servicio de telemedicina**

**Figura 2: Arquitectura del sistema PcDoctor**

**Figura 3: Componentes y módulos de usuario de PcDoctor**

**Figura 4: Interfaz gráfica de PcDoctor**

**Figura 5: Control de aplicación (servicio de audio)**

**Figura 6: Medidas de tasa media para los servicios en tiempo real**

**Figura 7: Retardo extremo a extremo del servicio de audio en presencia de tráfico de señales biomédicas**

**ILUSTRACIONES**

Enviadas en formato electrónico.

**AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por Telefónica Móviles de España, los proyectos de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) y los Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER) TIC2001-2481 y TSI2004-04940-C02-01, y el proyecto del Fondo de Investigación Sanitaria (FIS) FIS G03/117.

Los autores desean agradecer a María Eugenia Pamplona Falomir y Alfonso Mata González su colaboración técnica en este artículo.

### Definición genérica del servicio de telemedicina

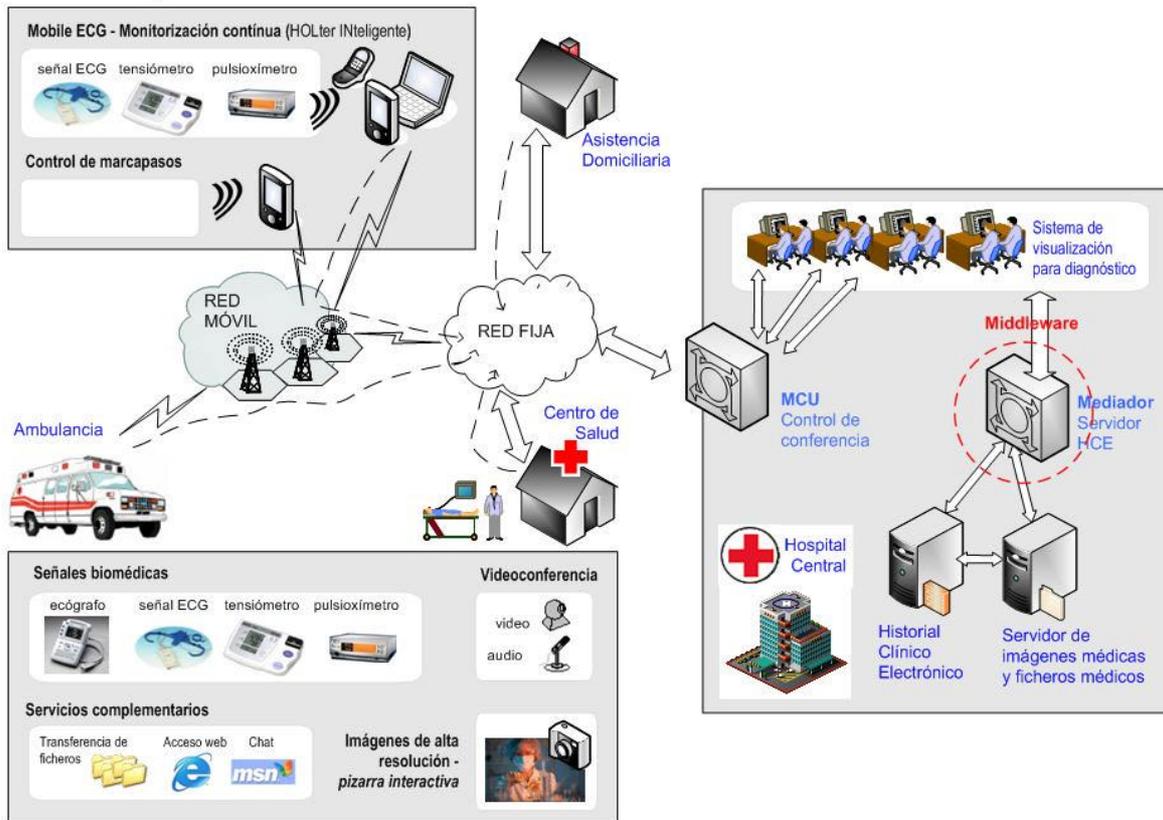


Figura 1: Descripción genérica del servicio de telemedicina

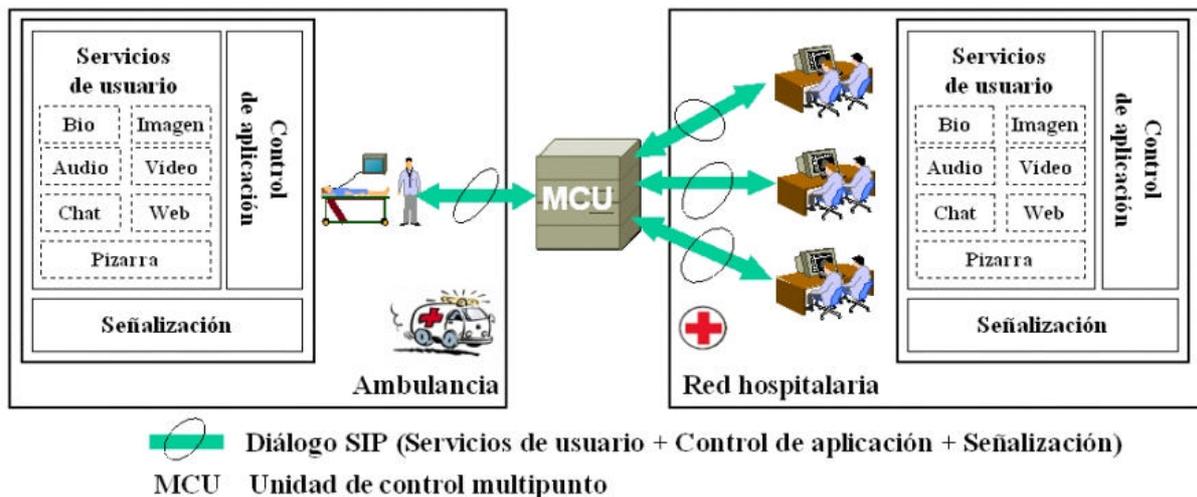


Figura 2: Arquitectura del sistema PcDoctor



Figura 3: Componentes y módulos de usuario de PcDoctor

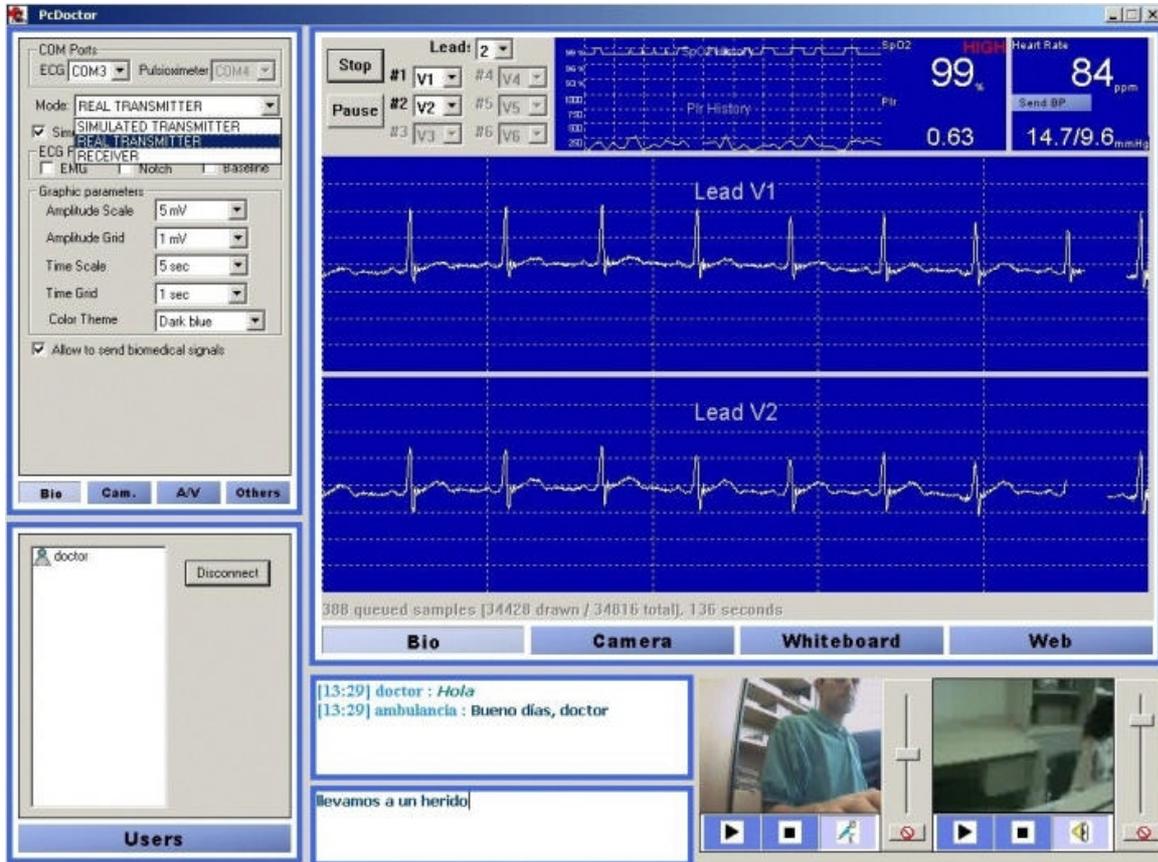


Figura 4: Interfaz gráfica de PcDoctor

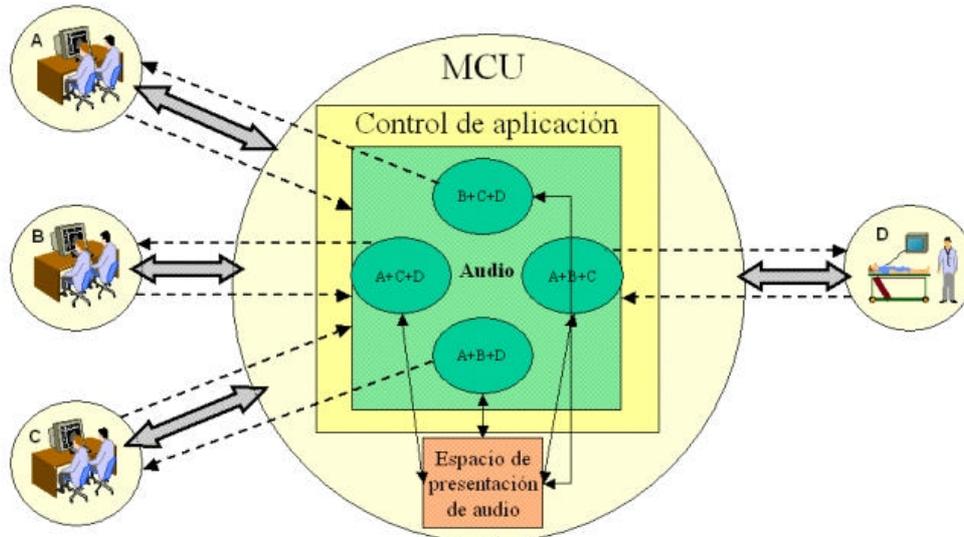


Figura 5: Control de aplicación (servicio de audio)

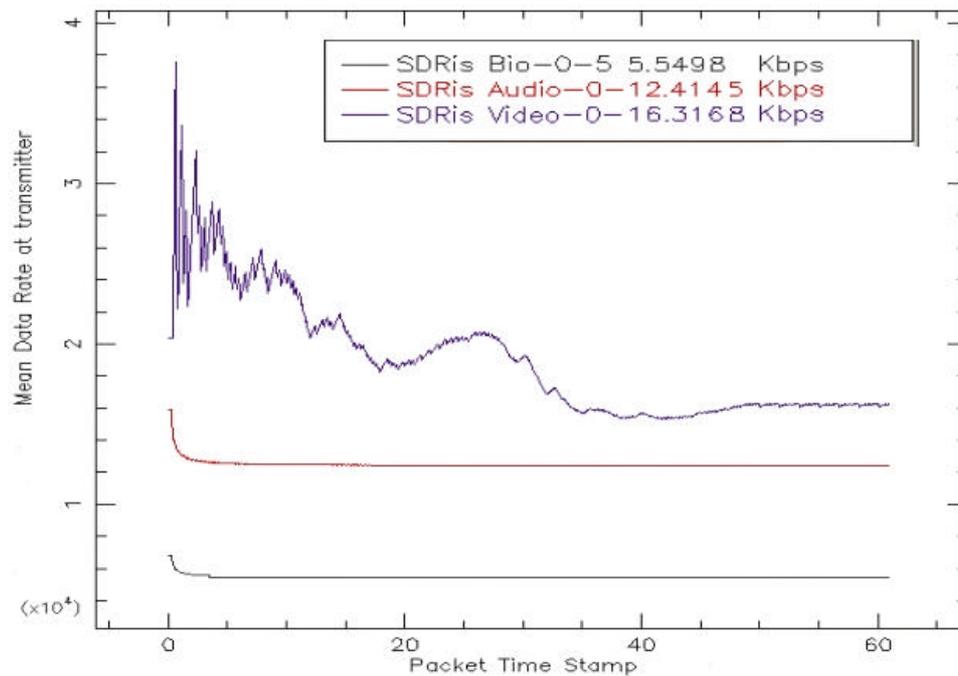


Figura 6: Medidas de tasa media para los servicios en tiempo real

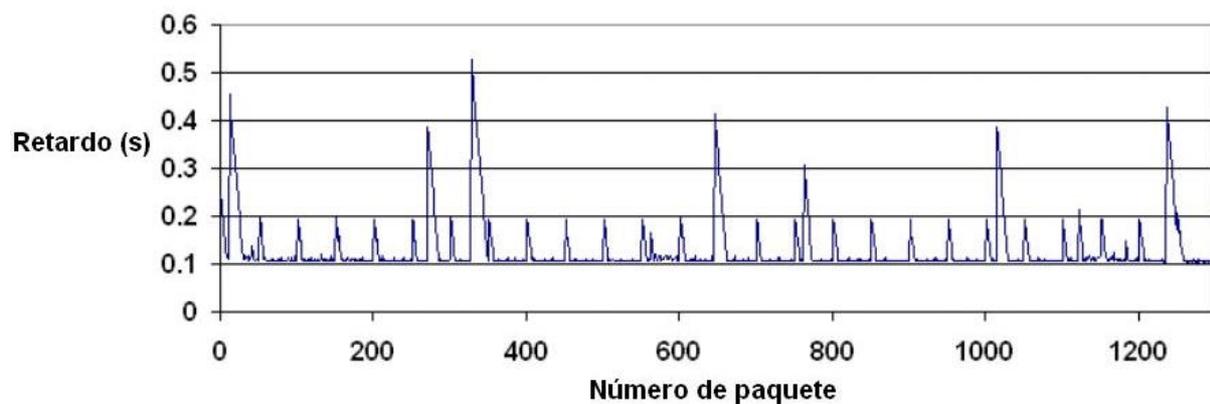


Figura 7: Retardo extremo a extremo del servicio de audio en presencia de tráfico de señales biomédicas