

caseib 2004



XXII Congreso Anual
de la **Sociedad Española**
de
Ingeniería Biomédica

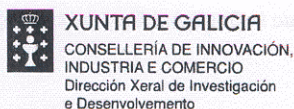
Santiago de Compostela, 11, 12 y 13 de Noviembre de 2004

XXII Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica

Santiago de Compostela, 11, 12 y 13 de Noviembre



Colaboran:



Título: *Actas de XXII Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica CASEIB 2004*
Editores: *Jesús María Rodríguez Prasedo y Paulo Félix Lamas*
Edita: *Comité organizador del CASEIB 2004*
© *Los autores*
© *XXII Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica*
ISBN: *84-688-9318-8*
D.L.: *C-2556-2004*
Imprime: *UNIDIXITAL*

<i>Determinación de la zona permitida de uso de un algoritmo en dispositivos implantables con control dinámico de la potencia de cálculo y consumo</i>	89
A. Cebrián, J. Rey, J. Millet	
<i>Medida de campos magnéticos por métodos no invasivos mediante NMR/ESR</i>	93
J.M. Reynolds, L.M. Roa, J. Reina	
<i>Determinación de urea en línea mediante medidas de absorción óptica en el margen visible. Validación con un dializador experimental y medidas clínicas en procesos de hemodiálisis</i>	97
G.A. Martínez, R. Bragós	
<i>Desarrollo de un sistema de medida y registro del consumo del microcontrolador aplicado a dispositivos implantables.....</i>	101
A. Cebrián, J. Rey, J. Millet	

Sesión de Comunicaciones: Telemedicina I 105

<i>Service M3. Prototipo de medida y modelado de comunicaciones para servicios de telemedicina</i>	107
I. Martínez, C. Hernández, J. Fernández, J. García	
<i>Sistema de telemonitorización en vehículos de emergencias médicas sobre UMTS.....</i>	111
E. Viruete, C. Hernández, J. Ruiz, J. Fernández, Á. Alesanco, E. Lleida, A. Ortega, A. Hernández, A. Valdovinos, J. García	
<i>Proyecto piloto de monitorización médica en tiempo real en vehículo en movimiento.....</i>	115
N. Novas, J.A. Gázquez, F.L. Guillén, M. Noguerol	
<i>"MobileECG": Monitorización de señales ECG en Ordenadores de Bolsillo (PDAs</i>	119
M. Subiza, S. Led, J. Fernández, L. Serrano	
<i>Plataforma XMOB: intercambio de información crítica en emergencias médicas</i>	123
M.F. Cabrera, R. Ibáñez, M.T. Arredondo, J. Quiroga	

Sesión de Comunicaciones: Telemedicina II 125

<i>Evaluación de la primera experiencia de telemedicina en prisiones en España</i>	129
P. Álvarez, F. del Pozo, P. Ramos, M. García-Rodríguez, R. Moreno, E. Fraile	
<i>Telefarmacia: seguimiento y envío de la medicación para personas con VIH/SIDA en Barcelona.....</i>	133
C. Cáceres, E.J. Gómez, M. Tuset, C. Codina, M.E. Hernando, F. del Pozo	
<i>Evaluación e impacto clínico de un sistema de telecuidado de pacientes con diabetes</i>	137
A. García-Olaya, E.J. Gómez, M.E. Hernando, V. Torralba, F.J. Perdices, F. del Pozo, M. Rigla, E. Brugués, A. de Leiva	
<i>Plataforma m-health orientada a la gestión de enfermedades</i>	141
F. Pérez, D. Llanos, G. Ibáñez, E. Monton, V. Traver	

Sesión de Comunicaciones: Procesado de señales biomédicas I 145

<i>Análisis tiempo-frecuencia de mapas de activación cardíaca en fibrilación ventricular.....</i>	147
J. Guerrero, J. Chorro, M. Bataller, J. Muñoz, J. Espí	
<i>Eliminación de las componentes de baja frecuencia del electroenterograma registrado en superficie abdominal</i>	151
G. Prats, J.L. Martínez, J.L. Ponce	
<i>Análisis de la regularidad en las señales de saturación de oxígeno en sangre para la ayuda en el diagnóstico de la apnea obstructiva del sueño.....</i>	155
D. Abásolo, D. Álvarez, R. Hornero, F. del Campo, J. Poza, C. Zamarrón	
<i>Análisis de la complejidad en el electroencefalograma de pacientes con la enfermedad de Alzheimer</i>	159
D. Abásolo, C. Gómez, R. Hornero, P. Espino, J. Poza, R. de la Rosa	
<i>Análisis de electroencefalogramas mediante wavelets y redes neuronales para la ayuda en el diagnóstico de la enfermedad de Alzheimer</i>	163
J. Poza, R. Hornero, P. Espino, D.E. Abásolo, C.I. Sánchez	

Sesión de Comunicaciones: Procesado de señales biomédicas II 166

<i>Análisis de la información mutua cruzada entre señales miográficas y respiratorias.....</i>	169
J.F. Alonso, M.A. Mañanas, D. Hoyer, Z.L. Topor, E.N. Bruce	
<i>Cuantificación de la Fatiga Fisiológica, usando la dimensión de correlación y el tiempo de retardo en señales EMG</i>	173
L.C. Peña, J. Roca-González, F. Martínez, J. Roca-Dorda	

PROYECTO PILOTO DE MONITORIZACIÓN MÉDICA EN TIEMPO REAL EN VEHÍCULO EN MOVIMIENTO

N. Novas[#], J.A. Gázquez[#], F.L. Guillen[#], M. Noguero[§]

[#]Universidad de Almería. Escuela Politécnica Superior. Dpto. de Arquitectura de Computadores y Electrónica. Ctra. Sacramento s/n, 04120 Almería, Telf : 950 01 56 86, FAX: 950 01 54 86 [nnovas@ual.es , jgazquez@ual.es , fguille@ual.es]

[§]Médico del Hospital Provincial de Torrecárdenas del Servicio Andaluz de Salud, Almería, [manogu@eresmas.com]

Resumen

El avance en las tecnologías de comunicaciones inalámbricas ofrece la posibilidad de perfeccionar algunos sistemas en el marco de la medicina crítica (urgencias y emergencias). En la actualidad, el protocolo establecido para traslado de pacientes críticos en vehículos de emergencias, se realiza sin contemplar la monitorización en tiempo real de sus señales biológicas en el hospital de referencia. En este trabajo se muestra un sistema desarrollado para la adquisición, tratamiento y transmisión vía radio en tiempo real de la información de un monitor médico estándar, adecuado para la recepción a larga distancia mediante una red híbrida radio-Internet. Este trabajo es un proyecto piloto desarrollado en virtud de un acuerdo de colaboración Universidad de Almería, Hospital de Torrecárdenas perteneciente al Servicio Andaluz de Salud y la empresa General Electric Medical System (GEMS) España.

Palabras Clave: Telemonitorización, Telemetría, Radiomodem, Telemedicina, Sistemas Embebidos.

1. Introducción

La telemedicina en su inicio era un área emergente de la medicina preventiva, donde se desea alcanzar unos objetivos: cobertura universal, equidad en el acceso, eficacia en la producción de salud y eficiencia en la utilización de los recursos; mejorando la asistencia integral y la calidad del enfermo con la ayuda de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones. En la actualidad la telemedicina recoge un concepto muy amplio y ambiguo, donde se pone al servicio de los profesionales de la medicina unos recursos informáticos y de comunicaciones abarcando áreas médicas que en su principio no estaban recogidas, por lo tanto con el término telemedicina se recogen muchas aplicaciones; este trabajo se va a centrar en las situaciones de urgencia y emergencia sanitaria.

La perfecta coordinación entre los diferentes eslabones o agentes de la sanidad es una tarea difícil, pero es, con seguridad, la única forma de asegurar la asistencia integral de alta calidad [1].

El traslado de enfermos críticos precisa de una buena coordinación entre los centros implicados, con un objetivo: proporcionar a los enfermos que acuden a cada centro hospitalario, aquellos medios diagnósticos y de tratamiento más adecuados a su problema médico.

2. Objetivos

El gran esfuerzo que supone la debida atención al enfermo y la necesidad de coordinación entre centro emisor y el receptor exige una homogeneización de los criterios de traslado, de las maniobras diagnósticas previas y de la elección del medio de transporte que, obviando si terrestre o aéreo, en los casos de pacientes críticos, debe estar dotado de la mejor tecnología disponible [2].

Con la categorización de los hospitales y el incremento de las especialidades, el transporte del paciente crítico se ha vuelto muy común. Los miembros del equipo de transporte deben estar preparados para enfrentarse con los peores escenarios y para desarrollar un método para la resolución de cada problema. Esto unido a la enfermedad de movimiento que afecta al personal de la ambulancia y que se debe a múltiples factores tales como estar confinado en un espacio reducido, viajar por caminos en mal estado, el estilo del manejo del operador, tensión emocional, temperatura inadecuada dentro de vehículo, etc. entorpece la labor del equipo sanitario en dicha situación [3].

En este trabajo se aplica la telemetría con el fin de establecer el contacto directo, continuo y permanente desde el medio de transporte al Servicio de Cuidados Intensivos del hospital receptor, teniendo éste todos los parámetros necesarios para poder hacer una correcta y exhaustiva valoración del paciente en cada instante, dando las instrucciones que sean necesarias al responsable del traslado, ya sea médico o paramédico, en tiempo real, para mejorar la calidad de la asistencia en todo momento y preparar aquellos recursos necesarios y adecuados para la correcta, rápida y eficaz recepción del paciente a su llegada al hospital [4].

3. Tecnología de comunicación

Para el traslado en situaciones de urgencia y emergencia la tecnología que se adapta son las comunicaciones inalámbricas de larga distancia debida a la necesidad de realizar traslados en un radio de acción de hasta 50 Km en caso de atención de urgencias o de varios cientos de kilómetros en casos de traslado interhospitalario.

Dentro de las comunicaciones digitales inalámbricas a larga distancia las que se adaptan a este tipo de proyecto son la radio en banda estrecha, la telefonía móvil y el satélite.

Dentro de la telefonía móvil la tecnología GPRS es la más adecuada a este tipo de aplicaciones por no

necesitar efectuar llamada y la tarificación ser por volumen de información y no por tiempo. Aunque este sistema tiene una serie de desventajas como es la saturación de los repetidores a medida que nos vamos acercando a las grandes urbes, lo cual hace que se pueda perder información muy valiosa aparte del coste de la conexión.

Las comunicaciones por satélite son las que tienen mayor cobertura global pero con la problemática asociada de: mayor retardo, coste asociado e inconvenientes en la transmisión desde móviles hacia satélite.

Las comunicaciones por radio en banda estrecha tienen gran alcance sujeto a la orografía del terreno, pero limitado el ancho de banda, y por lo tanto la velocidad de la información, aunque el coste principal es la inversión inicial y el mantenimiento de los equipos.

En este trabajo se ha utilizado inicialmente las comunicaciones por radio como un primer medio de comunicaciones entre la ambulancia y un centro receptor. Debido que el coste económico de las comunicaciones es el más bajo y se pretende un sistema de bajo coste para su implantación piloto en el sistema sanitario. Y como segundo medio de comunicaciones GPRS en caso de pérdida de cobertura de la comunicación por radio. En un trabajo futuro se prevé la utilización de las comunicaciones por satélite y la nueva generación de telefonía móvil con el uso de UMTS.

4. Sistema de comunicaciones

Para esta aplicación se ha desarrollado un sistema de comunicaciones como se observa en la figura 1, dividido fundamentalmente en dos partes: un subsistema integrado en la unidad móvil (ambulancia) encargado fundamentalmente de la adquisición, tratamiento y envío de las constantes biológicas del paciente capturadas de un monitor médico, y un equipo de recepción de los datos y visualización interactiva de los mismos.

Los datos son recibidos en la unidad receptora y reenviados a través de una conexión a Internet al equipo o equipos de visualización donde el personal médico cualificado hace una valoración del estado del paciente y da las órdenes pertinentes para la correcta atención del paciente, iniciando el protocolo de atención a la llegada del paciente a hospital, evitando demoras en la atención y en la disposición de los medios necesarios para las pruebas necesarias. Mediante este sistema los datos pueden ser recibidos en cualquier parte del mundo donde se disponga de una conexión a Internet y lo más importante estar a la disposición de la persona más cualificada independientemente de su ubicación.

El sistema de comunicaciones está basado en 3 modos de funcionamiento siendo el sistema embebido de control y bajo las órdenes de mayor jerarquía de la unidad receptora el que establezca el modo de funcionamiento [5].

- *Modo directo:* En este caso se establece directamente vía radiomodem la comunicación entre la unidad móvil y la unidad receptora. Este modo es apto para comunicaciones a cortas distancias vehículo-hospital o visibilidad directa.
- *Modo Híbrido:* Está basado en la retransmisión desde radio hacia Internet de los paquetes

generados por la unidad móvil mediante unos nodos repetidores situados en edificios corporativos. El modo híbrido es útil en trayectos urbanos periurbanos donde la orografía del terreno dificulta la conexión directa con la estación receptora.

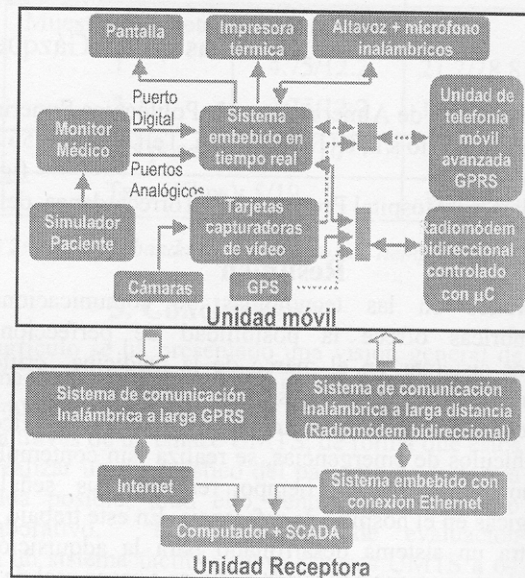


Figura 1. Diagrama del sistema.

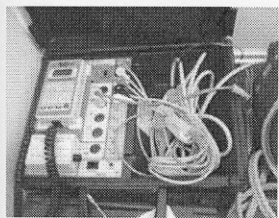
- *Modo GPRS:* El modo GPRS se establece a requerimiento de la unidad receptora, cuando el modo directo e híbrido no tienen capacidad de comunicación. Este modo es útil para trayectos interurbanos donde los otros modos no sean aplicables y la probabilidad de saturación de los repetidores de telefonía desciende considerablemente.

5. Sistema de Telemonitorización

5.1 Monitor Médico

Un monitor médico es un equipo de uso hospitalario destinado a la adquisición de información de parámetros biológicos de un paciente, de carácter gráfico, como electrocardiograma ECG (7 derivaciones), curva de saturación parcial de oxígeno SpO₂, presión arterial invasiva, curva respiratoria y de carácter numérico como la presión arterial, saturación parcial de oxígeno, frecuencia cardiaca y temperatura. El monitor médico dispone de una serie de sensores que conectados al paciente recogen la información del mismo y mediante un sistema de adquisición de datos dicha información es digitalizada, ofreciendo la posibilidad de presentarla en la propia pantalla del monitor y de transmitirla a otros sistemas externos por conexión Ethernet, opción muy útil cuando se supervisa un conjunto de enfermos desde un único puesto.

Para la puesta a punto de la aplicación se ha utilizado un simulador de pacientes que proporciona señales biomédicas sin presencia humana y permiten simular diversas patologías. En este trabajo se ha usado un monitor DASH 2000 de la firma GEMS y un simulador de pacientes DS 6100 de la casa DNI Nevada, equipos cedidos mediante el acuerdo con GE MS (Figura 2). El monitor tiene una velocidad neta de transmisión (señales numéricas y 10 tipo gráficas) de 22 Kbits/s.



(a) Dash 2000, GE MS



(b) DS 6100, DNI Nevada

Figura 2. Sistemas médicos usados.

Existen sistemas comerciales de comunicación inalámbricos para monitores médicos, desarrollados con tecnologías de banda ancha (Bluetooth, IEEE 802.11, etc.) adecuados para comunicaciones en un área intrahospitalaria, lo que soluciona el problema para la monitorización de enfermos móviles en una planta o zona. El problema surge cuando se requiere un alcance a nivel de urbano o interurbano, como en el caso de traslados en ambulancias hacia un hospital desde su zona de influencia. Los monitores médicos modernos, normalmente con interfaz Ethernet suministran un flujo de información demasiado alto para poder ser transmitido directamente mediante radiomodem en banda estrecha de largo alcance.

En este trabajo se ha desarrollado un sistema de comunicación específico para la transmisión de señales de un monitor médico en vehículos a larga distancia (zonas urbanas y periurbanas) consistente en una red híbrida radiomodem-Internet y un método de compresión, cifrado y formateo de la información en tiempo real.

5.2. Tratamiento de la información

Los monitores médicos producen gran cantidad de información preparada para transmitirla por una conexión Ethernet donde el ancho de banda es amplio y para una velocidad máxima de 100 MBit/s. Pero estas condiciones no son las adecuadas para su transmisión inalámbrica en banda estrecha, lo cual hace necesario tratarla para poder ser a los centros de control de pacientes. Toda esta información debe ser:

- *Procesada*: Tratar todo el flujo de información procedente del monitor médico, además de interactuar con él, ya que se debe interrogarle periódicamente para que éste devuelva la información precisada.
- *Comprimida*: reducir el tamaño de la información gráfica teniendo en cuenta que en el caso de compresión con pérdidas que no puede eliminarse información de detalles que el profesional médico pueda necesitar para realizar una evaluación del paciente.
- *Cifrada*: para imposibilitar el acceso a la información confidencial de carácter médico a terceras personas.
- *Transmitida*: se requiere un protocolo de envío que garantice la máxima recepción de datos en tiempo real, ya que en aplicaciones médicas de este tipo, el profesional médico necesita saber en cada instante qué sucede con precisión; si se pierde un paquete de información, pertenecería al pasado y pierde parte de su importancia. Se han previsto mecanismos

para la detección y evaluación de paquetes perdidos.

5.3. Tratamiento en tiempo real

El monitor médico genera 4 paquetes cada segundo con un formato basado en identificadores de variable de frecuencia de muestreo seguido de los valores de las muestras, los cuales son procesados en tiempo real para su transmisión con longitud de paquete fija para el correcto aprovechamiento del canal con este sistema.

5.4. Compresión

Con el objeto de poder transmitir en un canal de banda estrecha la información del monitor médico, es necesario comprimirla en tiempo real en un factor fijo. La información numérica no es posible comprimirse sin pérdidas en relación fija, por lo cual se transmitirá íntegra. La información gráfica es susceptible de ser comprimida eficientemente con sistemas con pérdidas. Se ha diseñado y desarrollado un sistema basado en la transformada de Wavelet con predictor lineal y diezmado fijo por planos de bits y escalado dinámico que con una razón de compresión de 8:1 presenta una pérdida de calidad prácticamente indetectable. Se ha optado por la transformada de Wavelet al adaptarse a las señales electrocardiográficas, ya que éstas presentan patrones periódicos no senoidales [5].

5.5. Sistema Embebido de control

El funcionamiento del monitor médico responde a la arquitectura Cliente-Servidor; siendo el monitor médico el Servidor y la unidad de control de paciente el Cliente. A peticiones del cliente el monitor médico responde con la información solicitada. Al no disponerse de dicha unidad para que realice las peticiones, se hace necesario el desarrollo de un sistema microcontrolador que se encargue de las funciones del cliente dentro de la arquitectura propuesta.

La figura 1 presenta un diagrama físico-funcional del sistema donde también se prevén futuras funciones como la transmisión de imágenes o la localización mediante GPS.

Se ha evaluado numerosos sistemas microcontrolados, pero se ha optado por la utilización de un microprocesador Intel 386Ex a25 MHz con 512 KB de memoria tipo Flash y 512 KB de RAM. Este microprocesador se encuentra integrado sobre una placa de la casa JK MicroSystem, que además incorpora 2 puertos serie y una interfaz Ethernet 10 BaseT (figura 3).

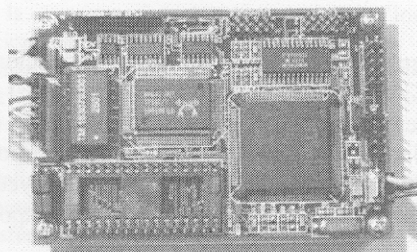


Figura 3. Sistema microcontrolado de JK microSystems.

Este sistema microcontrolador será el encargado de realizar las peticiones al monitor médico, analizarlas,

comprimirlas, codificarlas y enviarlas al radiomodem o GPRS para su transmisión.

6. Resultados Prácticos

Se ha desarrollado una aplicación para el control centralizado del sistema y presentación de la información médica bajo entorno Windows. La figura 4 muestra la pantalla principal de funcionamiento, en la cual se muestran la información gráfica, numérica con indicación por color de parámetros fuera de rango, registro de alarmas, indicación de la calidad de las comunicaciones y fiabilidad del canal.

En las pruebas preliminares en modo directo entre la Universidad de Almería y el Hospital Torrecárdenas

(10 Km de trayecto urbano) la calidad media fue del 45% (en un 45% del tiempo y el espacio ha habido comunicación directa) sobre diversos itinerarios, pudiendo teledetectarse diversas patologías programadas en el simulador de pacientes.

En la actualidad se están efectuando ensayos en modo híbrido con repetidores no situados estratégicamente y se prevé próximamente la ubicación efectiva de repetidores y el desarrollo de ensayos en modo GPRS.

En situaciones de prueba con repetidores locales situados dentro de la Universidad de Almería la calidad media ha sido del 85% en entornos de 4 Km alrededor de la Universidad.



Figura 4. Pantalla de la Aplicación.

7. Conclusiones

Este trabajo presenta los resultados preliminares en el desarrollo de un sistema de monitorización remota de pacientes que son objeto de traslado en ambulancia. El sistema y métodos desarrollados han sido objeto de una patente [6] y se están evaluando tanto sus prestaciones en pruebas sistemáticas de campo como su explotación comercial en estos momentos.

Las pruebas de campo realizadas hasta el momento manifiestan la viabilidad del sistema.

Agradecimientos

Se quiere agradecer al proyecto de investigación TIC 2003-07953-CO2-O2 del Plan Nacional de I+D+I 2000-2003. A General Electric Medical Systems por su cesión de equipos. Al Hospital Torrecárdenas por su colaboración para llevar a buen término este proyecto y a la Junta de Andalucía por la financiación del grupo TEP-197.

Referencias

- [1] S. Pavlopoulos et al., "A mobile System for Emergency Health Care Provision via Telematics Support-Ambulance", *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Information Technologies Application in BioMedicine* pp 150-154, Washinton USA, 1998.
- [2] H.A. Thompson, "Wireless and Internet communications technologies for monitoring and control". *Control Engineering Practice*, Vol 12, pp 781-791, 2004.
- [3] J. Borrego et al., "Traslado de enfermos críticos. Protocolos de transporte secundario y primario". *Servicio Andaluz de Salud*, 2000.
- [4] D. Gagliano, "Wireless Teleambulance telemedicine may lessen stroke morbidity", *Telemedicine Today*, Vol 6(1), p 22, Feb. 1998.
- [5] R.S.H Istepanian and A. Petrosian, "Optimal zonal Wavelet-Based ECG data compression for a mobile telecardiology system", *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, Vol 4(3), pp 200-211, Sep. 2000.
- [6] J.A. Gázquez, N. Novas, M. Berenguer, M. Lorente, M. Noguerol, "Sistema y método de transmisión de datos entre una unidad móvil y una unidad receptora", *Patente P200 40 1499* con fecha de solicitud 18-Junio-2004.