

SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS DESDE AMBULANCIA

TELEMETRY SYSTEM FOR TRANSMISSION DATA FROM AN AMBULANCE

NURIA N. CASTELLANO¹, JOSÉ ANTONIO GÁZQUEZ PARRA², JOSÉ FRANCISCO LÓPEZ RODRÍGUEZ³, FRANCISCO MANZANO-AGUGLIARO⁴

¹*Dr. Ingeniero Electrónico, Profesor de Tecnología Electrónica, Universidad de Almería, nnovas@ual.es.*

²*Dr. Ingeniero Telecomunicaciones, Profesor de Tecnología Electrónica y Director del grupo de Investigación Electrónica, Comunicaciones y Telemedicina, Universidad de Almería, jgazquez@ual.es.*

³*Ingeniero Informática, Becario del grupo de Investigación Electrónica, Comunicaciones y Telemedicina, Universidad de Almería, jlr041@ual.es.*

⁴*Dr. Ingeniero Agrónomo, Profesor Dpto de Ingeniería Rural, Universidad de Almería, fmanzano@ual.es.*

Recibido para revisar 15-03-2012, aceptado D-M-A, versión final D-M-A

RESUMEN: Actualmente el traslado de pacientes críticos se lleva a cabo mediante un centro de coordinación entre la atención extrahospitalaria y la atención hospitalaria. Las modernas tecnologías de comunicaciones inalámbricas ofrecen la posibilidad de perfeccionar algunos sistemas en el marco de la medicina crítica (urgencias y emergencias), que bajo estas situaciones son muchas las ocasiones en las que se requiere exploraciones complementarias. El sistema de telemetría desarrollado en este trabajo contempla la comunicación en tiempo real de la bioquímica sanguínea del paciente que en determinadas condiciones y ante una fundada sospecha clínica basada en una anamnesia y exploración física adecuadas requieren de este tipo de pruebas diagnósticas para una mejor valoración del estado del paciente. Esto permite mejorar la asistencia en todo momento y la preparación de todos los recursos necesarios y adecuados para la rápida, correcta y eficaz recepción y atención del paciente en el hospital sin coste adicional, ya que igualmente se requerirían estas pruebas en el hospital. Este sistema permite la detección precoz de afecciones que ponen en riesgo inminente la vida de un paciente. Los resultados de las pruebas constata el interés de este nuevo servicio.

PALABRAS CLAVE: Telemonitorización, Telemedicina, Traslado pacientes críticos y Transmisión de parámetros hematológicos.

ABSTRACT: Currently the transfer of critically patients is carried out through a coordination center for outpatient care and hospital care. Modern wireless communications technologies offer the possibility of improving some systems in the context of critical care emergency; under these situations are many occasions requiring additional examinations. The telemetry system developed in this paper provides real-time communication of patient's blood biochemistry that with a clinical suspicion based on an adequate history taking and physical examination, require this kind of diagnostic tests to better assess the patient's condition. This allows improving attendance at all times and the preparation of all necessary resources for the rapid, and effective patient reception in the hospital without additional cost, since these tests also would be required in the hospital. This allows early detection of conditions that endanger imminent the life of a patient. The results verify the interest of this new service.

KEYWORDS: Telemonitoring, Telemedicine, Transfer of critical patients, Transmission of hematological parameters.

1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) han permitido soluciones técnicas a multitud de campos como por ejemplo para aumentar la productividad en empresas [1], mediciones en tiempo real [2] u otros con fines sociales como en la atención sanitaria. A lo largo de las últimas décadas el desarrollo de sistemas biomédicos a partir de equipos electrónicos ha supuesto importantes mejoras en las técnicas de investigación, diagnóstico y tratamiento de los pacientes [3]. El concepto de telemedicina tiene menos de dos décadas, en él se involucran la expansión de servicios inalámbricos de banda ancha y el avance de la tecnología portátil, permitiendo la monitorización en tiempo real de pacientes ubicados en zonas remotas. Por otro lado la sensorización, desarrollando sensores de bajo coste y con capacidades de transmisión inalámbricas, dota a la telemedicina de un sistema económico y versátil de supervisión de pacientes crónicos con independencia de su ubicación, aumentando la demanda los sistemas eficaces de tele asistencia y consecuentemente se incrementa nuevas ideas aplicadas a mejorar el bienestar del usuario [4,5]. En este sentido encontramos muchos ejemplos de estos avances, como la supervisión domiciliar de pacientes con diferentes patologías que requieren un control más exhaustivo e incluso el control de los procedimientos terapéuticos [6], o procesos relacionados con sistemas rehabilitación domiciliar se están implementando en muchas partes del mundo [7].

El traslado de enfermos críticos precisa de una buena coordinación, con la finalidad de proporcionar a los pacientes los medios diagnósticos y el tratamiento más adecuados a su problema médico [8]. Además, la correcta y debida atención a un enfermo en situaciones de urgencias y emergencias, suponen un gran esfuerzo y una especial coordinación entre el centro emisor y el receptor, exigiendo una homogeneización de las pautas de traslado, de las maniobras diagnósticas previas, así como de la elección del medio de transporte provisto de la mejor tecnología disponible [9].

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 la resolución de los diferentes problemas que puedan presentarse. Esto unido a la denominada enfermedad del movimiento que afecta al personal de la ambulancia, entorpece la labor del equipo sanitario en dicha situación [10].

Las ambulancias en situaciones de emergencia tienen dos objetivos fundamentales: uno es trasladar al paciente a un centro hospitalario, donde el paciente pueda ser tratado de forma más eficaz que en el ámbito de procedencia; y el otro consiste en procurar una asistencia adecuada que conlleve el mantenimiento del estado del paciente en las mejores condiciones posibles, hasta la llegada al centro hospitalario de referencia [11].

Hasta ahora la mayoría de las aplicaciones desarrolladas para la transmisión de datos desde ambulancia se refieren sobre todo al electrocardiograma (ECG) de pacientes críticos antes de su llegada al hospital, demostrando, además de su utilidad, la eficacia en el manejo inicial del paciente grave. Como por ejemplo en Grecia por Giovas [12] y en Japón por Shimizu [13], ampliando este último el desarrolló a la transmisión de imágenes, audio, ECG y presión sanguínea desde ambulancias, barco en navegación y avión en vuelo. Y más recientemente en la referencia [14] los autores proponen un sistema de telemonitorización en tiempo real de las bioseñales vitales tales como ECG, saturación de oxígeno (SpO₂), presión sanguínea invasiva (IBP) y no invasiva (NIBP), temperatura y las imágenes del paciente, que son transmitidas a través de red de telecomunicación móvil del GSM (Global System for Mobile Communications) y por satélite desde una unidad móvil, para casos de emergencias, que además esta conectada con una Unidad de Cuidados Intensivos de un hospital donde se encuentran los expertos. Actualmente se realizan exploraciones complementaria básicas de la medicina de urgencias y emergencias tales como la hematimetría, la bioquímica sanguínea, el análisis elemental de orina, el estudio de coagulación, la gasometría venosa o arterial, la pulsioximetría arterial, la radiografía simple de tórax, y el electrocardiograma. Estos datos aportan una valiosa ayuda, para llegar a un diagnóstico correcto; sin embargo, su realización con carácter de urgente debe solicitarse, exclusivamente, ante una fundada sospecha clínica, basada en una anamnesia y exploración física adecuadas. Por esa razón, su uso

sistemático e indiscriminado no está indicado en los servicios de urgencias y en los enfermos que se trasladan a un servicio de urgencias. La ecografía, la tomografía computerizada, la resonancia magnética y la gammagrafía son otras exploraciones complementarias que cada vez con más frecuencia se utilizan como apoyo diagnóstico en la patología urgente [15].

La hematimetría es una exploración básica para el enfermo con patología grave urgente, ya que permite detectar alteraciones cuantitativas de las células sanguíneas (hematíes, leucocitos y plaquetas), y su utilidad en urgencias ante determinadas afecciones está demostrada. Es realmente difícil enumerar todas las enfermedades en las que un hemograma aporta datos, más o menos específicos, que contribuyen a establecer el diagnóstico o su pronóstico. Los principales síndromes que se presentan como urgentes o emergentes y que de manera incuestionable, hacen necesaria esta exploración complementaria, para establecer el diagnóstico del proceso o indicar el tratamiento adecuado son las siguientes como el síndrome febril, anémico y hemorrágico, Shock, abdomen agudo entre otros que bajo determinadas condiciones requieren de este tipo de pruebas diagnósticas [16].

La propuesta que se presenta en este trabajo es la incorporación de un autoanalizador hematológico al sistema de telemetría de parámetros biomédicos de la ambulancia. Se realiza un estudio de la utilidad médica de disponer sólo de anamnesis y exploración física adecuadas realizadas por el personal de la ambulancia y de las diferentes bioquímicas sanguíneas para mejorar el diagnóstico en situaciones de emergencia y urgencia cuando así esté estipulada en los protocolos médicos [17]. La bioquímica sanguínea informa del estado metabólico e hidroelectrolítico y de la existencia de lesión o disfunción de órganos, como el corazón, el riñón, el hígado, el páncreas. Su determinación puede realizarse con tiras reactivas (disponibles en algunos parámetros bioquímicos), para las que únicamente se requiere una gota de sangre extraída mediante punción del pulpejo de los dedos. Los denominados perfiles bioquímicos son un conjunto de magnitudes bioquímicas, que aportan la máxima información posible, para un determinado diagnóstico y, además, poseen una relación coste-beneficio óptima. Las principales indicaciones de solicitud urgente y la

interpretación clínica de los parámetros que se utilizan habitualmente en medicina de urgencias y emergencias son en glucemia, uremia, creatinina plasmática, osmolaridad plasmática, natremia, potasemia, calcemia, proteínas totales plasmáticas, magnesemia, amilasemia, bilirrubinemia, aminotransferasas, Creatin Kinasa (CK) [18], tropininas T,I [19], péptidos natriureticos tipo B (BNT, NTproBNP) [20], procalcitonina [21-22], proteína C reactiva [23], dímero D. [24].

En este trabajo se desarrolla un sistema de telemetría integrando diversas tecnologías con el fin de establecer el contacto directo, continuo y permanente desde el medio de transporte (ambulancia), a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) del hospital receptor u otros centros receptores teniendo en éste datos hematológicos para poder hacer una correcta y exhaustiva valoración del paciente en cada instante. Mediante este procedimiento, se pueden dar las instrucciones necesarias al responsable del traslado, 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 [8,25]. Para el desarrollo de este sistema, se ha utilizado como escenario principal la ciudad de Almería (Sur de España), centrado en el Hospital Provincial de Torrecárdenas (perteneciente al Servicio Público Andaluz de Salud), incluyendo otro centros receptores la Universidad de Almería y en la Universidad de Málaga (más de 200 Km del Hospital de Torrecárdenas).

2. DISEÑO DEL SISTEMA

Estudiadas las diferentes alternativas comerciales y estandarizadas con los medios inalámbricos, ninguno de los sistemas de comunicaciones se presta como solución directa para ofrecer un servicio adecuado a esta aplicación. Es obvio que la comunicación entre un sistema de toma de parámetros biomédicos en ambulancia y un centro de recepción situado a distancias urbanas o periurbanas de kilómetros o decenas de kilómetros no es un problema resuelto o al menos con una solución óptima y comercial [25]. Es por ello que se investiga en técnicas que ofrezcan soluciones a este problema y se plantea una nueva red con comunicación en canal de radio en banda estrecha, con una notable relación alcance/potencia y recepción en

puntos múltiples, mediante un conjunto de repetidores que capten la señal de radio y la retransmitan como paquetes IP (*Internet Protocol*) vía Internet hacia el nodo o los nodos destino. Con esta idea se pretende aprovechar la infraestructura de Internet combinada con el notorio alcance de los radiomodem en banda estrecha.

El sistema de comunicaciones desarrollado en este proyecto se ha denominado Red Híbrida Radiomodem-Internet. Esta red es un sistema novedoso debido a que en el mercado no existía ningún sistema de comunicaciones que satisficiera la transmisión entre un dispositivo móvil y uno o varios centros receptores a larga distancia y a bajo coste. La Red Híbrida Radiomodem-Internet es un sistema de propósito específico para la comunicación con vehículos en zonas urbanas y periurbanas que utiliza medios privados (Red de repetidores basados en radiomodem) y públicos como Internet por ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*), fibra óptica o telefonía móvil. Con ello se combina el largo alcance de los dispositivos radiomodem y la amplia difusión de Internet, con la ventaja de una infraestructura relativamente barata y sin apenas coste en las comunicaciones (únicamente los datos transmitidos por telefonía móvil). De esta forma se alcanza un gran radio de cobertura con dispositivos móviles.

Se implementó una infraestructura de comunicaciones con la finalidad de dar cobertura de un radio de 25 kilómetros desde el hospital Torrecárdenas, que contaba con una unidad móvil, cuatro repetidores y tres centros receptores (Hospital Torrecárdenas, Universidad de Almería y Universidad de Málaga).

Mediante esta red heterogénea, se transmite a larga distancia datos generados por la unidad móvil (ambulancia) para comunicarla con uno o varios centros receptores de datos que pueden estar situados a decenas de kilómetros de la misma (figura 1). No obstante el sistema propuesto supone la realización de un esfuerzo en cuanto a técnicas de compresión que permitan conducir toda la información necesaria a través de una canal de 9600 bps (Bits por segundo), ya que ésta es la velocidad del radiomodem, primer medio de comunicación, y de mayores restricciones que la telefonía móvil.

La unidad móvil está dotada de un autoanalizador hematológico que mediante tiras

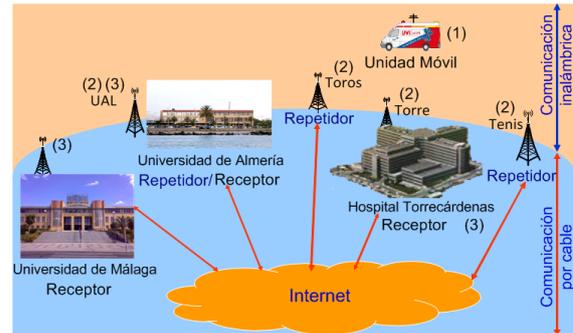


Figura 1. Infraestructura de la red heterogénea de comunicaciones: 1 Unidad Móvil, 2 Repetidores, 3 Receptores.

Figure 1. Heterogeneous network infrastructure Communications: 1 Mobile Unit, 2 Repeaters, 3 Receivers.

reactivas, para las que únicamente se requiere una gota de sangre extraída mediante punción del pulpejo de un dedo (muy útil para extracciones en movimiento), permite analizar parámetros tales como ácido úrico, amilasa, amilasa pancreática, bilirrubina, creatinina, creatinina, fosfatasa alcalina, gama glutamil transpeptidasa, glucosa, transaminasa glutámico oxalacética, alanina aminotransferasa, hemoglobina, potasio, triglicéridos y urea. Además dispone de un sistema de comunicaciones que permite la transmisión/recepción inalámbrica de los datos registrados en los dispositivos médicos, datos de configuración y del estado de la señal de transmisión. La unidad móvil de comunicaciones está constituida por una tarjeta microcontroladora que captura los datos del equipo médico (mediante puerto serie RS232), los trata y los prepara para su posterior transmisión por radiomodem o telefonía móvil (*General Packet Radio Service*, GPRS /Universal Mobile Telecommunications System, UMTS), en función de la cobertura instantánea, figura 2.

Se utiliza como medio de comunicación por defecto el radiomodem al no conllevar coste en la transmisión de datos. En los casos de falta de cobertura por este medio se utiliza telefonía móvil. Esta información transmitida recibe un tratamiento de encriptación [26] para que incluso disponiendo de los mismos equipos, no se puedan obtener los datos originales y se consiga una recepción segura sólo en los centros autorizados.



Figura 2. Unidad móvil de comunicaciones conectada a los equipos médicos.

Figure 2. Mobile communications unit connected to medical equipment.

Para la realización de este sistema, se requiere de una infraestructura de repetidores basados en la recepción por radiomodem [27, 28] y retransmisión hacia los centros receptores, haciendo uso de redes cableadas de banda ancha. Para ello, se incorpora al radiomodem del repetidor otra tarjeta microcontroladora, que permite la retransmisión segura hacia los centros receptores autorizados. Entre sus funciones cabe destacar, el chequeo de los centros receptores autorizados activos durante el tiempo en el que la unidad móvil está transmitiendo, incorporando y/o dando de baja los receptores, en función de su activación o desactivación, para evitar envíos innecesarios.

La información transmitida es visualizada y almacenada en los centros autorizados, donde se presentarán gráficamente en una aplicación SCADA para su valoración por parte del personal médico (figura 3). El software SCADA ha sido realizada con el lenguaje JAVA, utilizando el entorno de programación NetBeans 7.0.0. El hecho de usar Java como lenguaje de programación ha sido porque este es un lenguaje que, proporciona muchas posibilidades a la hora de programación de red, transmisión de paquetes, sockets y además JAVA es un lenguaje de programación muy versátil, ya que sus ejecutables pueden ser utilizados en cualquier sistema operativo que tenga la JVM (Java Virtual Machine). El entorno NetBeans es una herramienta moderna que permite constantemente actualización ofreciendo siempre todas las posibilidades de programación gráfica,

programación de baterías de test de prueba, etc. y además, es un entorno de desarrollo gratuito.



Figura 3. Aplicación SCADA del receptor que recibe la información de los datos hematológicos.

Figure 3. SCADA application receptor which receives information from hematologic data.

La aplicación de los receptores muestra en la ventana principal la información procedente del autoanalyzer hematológico, información acerca de los repetidores del sistema, ventana de mensaje y los botones de aplicación como inicia, parar o guardar el almacenamiento de los datos del traslado, leer ficheros previamente almacenados en otros traslados, etc. Esta aplicación proporciona una ayuda visual y sonora, resaltando aquellos valores que se encuentren fuera de rango establecido por el equipo médico que está en la ambulancia.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Para demostrar el funcionamiento del sistema se instaló una infraestructura de cuatro repetidores que proporcionaban una cobertura de 25 km de radio. En el área establecida hay puntos en los que hay baja visibilidad vía radio o incluso no la hay, activándose automáticamente la transmisión telefónica cuando esto sucede. Este hecho, aunque pueda considerarse un inconveniente económico, podría ser solucionado incluyendo más repetidores, derivando a su vez en un aumento de la cobertura de la transmisión. El esquema de la aplicación práctica puede verse en la figura 4.

La secuencia de transmisión de paquetes fue planificada para comprobar que los cambios producidos en el estado del paciente, fuesen representados en la estación receptora. Por otra parte, la recepción a distancia de la información procedente de la unidad móvil, puede permitir al personal médico pedir segundas opiniones a colegas, sin importar su ubicación, gracias a la difusión de Internet, esto facilitan en diversas

situaciones alcanzar un diagnóstico efectivo del paciente.

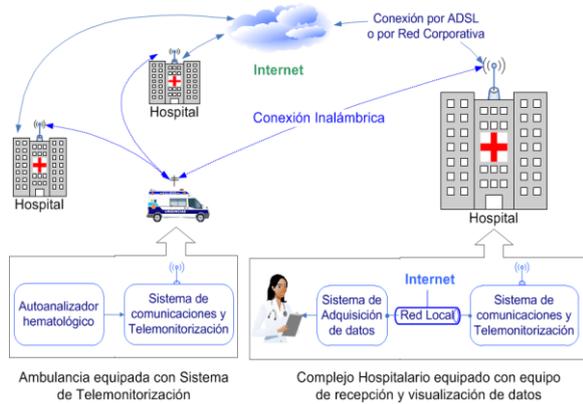


Figura 4. Esquema de la aplicación práctica.
Figure 4. Outline of the practical application.

Para la evaluación sistemática del prototipo, se llevaron a cabo más de 40 traslados en vehículo, los cuales se repartieron en 4 itinerarios distintos, figura 5, urbanos y periurbanos, de diferentes duraciones (inferiores a 30 minutos), todos ellos asistidos por personal médico. Se generaron una serie de 4 muestras por traslado, una al inicio del traslado y las siguientes cada 5 minutos, con cada muestra se realizan analíticas diferentes [25, 28]. Con esta finalidad permite evaluar no sólo los resultados del análisis sino también referenciar los retardos y la fiabilidad del sistema. Los datos se envían cíclicamente durante todo el traslado, refrescándose con los valores de la nueva analítica.

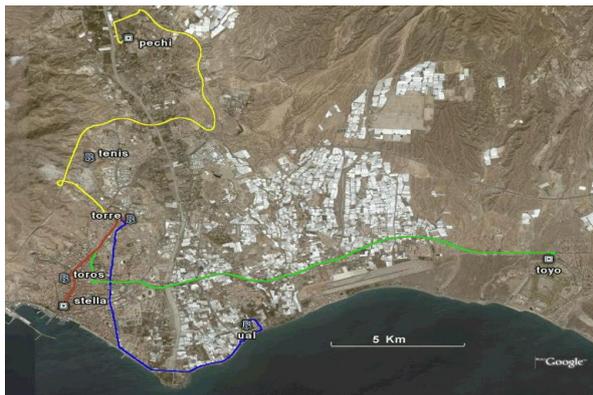


Figura 5. Mapa del recorrido de los cuatro itinerarios sobre Google-Earth [29]. Amarillo: Pechina-Torrecárdenas. Rojo: Stella-Torrecárdenas. Verde: Toyo-Torrecárdenas. Azul: UAL-Torrecárdenas.

Figure 5. Map of the four routes on the Google-Earth [29]. Yellow: Pechina-Torrecárdenas. Red: Stella-Torrecárdenas. Green: Toyo-Torrecárdenas. Blue: UAL-Torrecárdenas.

4. RESULTADOS

Entre el año 2009 y el 2010, se realizaron pruebas dinámicas con autoanalizador hematológico, almacenando los datos en el centro emisor (Unidad Móvil) y el centro receptor (Hospital Torrecárdenas). Durante todo el periodo en el que se desarrollaron las pruebas dinámicas, se registraron los datos organizados por rutas y traslados, tratando finalmente diez traslados por ruta (figura 6). De forma global, se ha obtenido suficiente cantidad de información para establecer la comparación entre los datos transmitidos (Unidad Móvil) y los recibidos (centros receptores). Estos datos han sido tratados estadísticamente con la aplicación SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) para establecer la viabilidad desde el punto de vista técnico, relacionándose los datos transmitidos con los recibidos en los centros receptores. Este procedimiento es necesario llevarlo a cabo en cada uno de los centros receptores, debido a que las estadísticas locales de recepción difieren según el tráfico de la red (un 2% menos de pérdidas en el Hospital Torrecárdenas que en la Universidad de Almería). Estas diferencias, principalmente de retardo, podrían suponer la recepción desordenada de paquetes y el descarte de pequeñas cantidades de información. Esto es debido que el personal médico implicado [25] consideró que conocer en tiempo real la información del estado del paciente es más prioritario que esperar a obtener toda la información de cómo ha transcurrido, de tal forma que si un paquete llega con posterioridad a otro más actual se descarta el más antiguo, puesto que el software Scada (*Supervisory Control And Data Acquisition*) ha representado el más actual.

El análisis estadístico de todos los datos recopilados en los 40 traslados se le han realizado el test de chi cuadrado, el test de comparación de medias para muestras relacionadas y la correlación r de Pearson, estimando una significación estadística "p" menor que 0,05. Además los resultados manifiestan una calidad media de las comunicaciones en tiempo real es del 80,3% del total de los eventos transmitidos (consecución de paquetes de datos transmitidos), figura 6.

En las pruebas hematológicas se estudiaron datos como el Colesterol, la glucosa, la creatinina, la hemoglobina, el colesterol HDL, la creatinina, la urea y la Gama glutamil tanspeptidasa. Durante este periodo se analizaron 160 muestras

hematológicas, que fueron tratadas estadística e individualmente por trayectos (40 muestras por itinerario) y desde un punto de vista global. En la figura 7 se muestra los datos obtenidos en la recepción, con una recepción de más del 96 % de las muestras transmitidas.

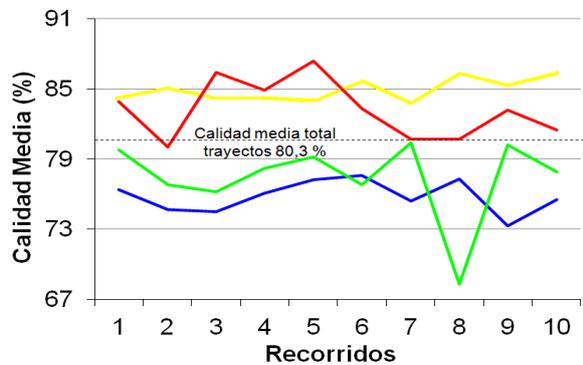


Figura 6. Calidad de las comunicaciones en los cuatro itinerarios analizados: Azul-UAL (75,8%), Verde-H. Toyo (77,4%), Rojo-Stella (83,2% y Amarillo-Pechina (84,9%).

Figure 6. Quality of Communications in the four routes: Blue-UAL (75,8%), Green-H. Toyo (77,4%), Red-Stella (83,2% y Yellow-Pechina (84,9%).

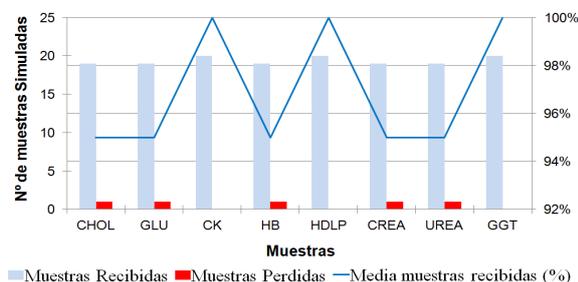


Figura 7. Relación de muestras hematológicas transmitidas y recibidas.

Figure 7. Relationship of hematological samples transmitted and received

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este trabajo se ha propuesto una solución innovadora integrando diversas tecnologías de comunicaciones, creando la Red Híbrida radiomodem-Internet que describe un nuevo sistema de comunicaciones, de propósito específico para la comunicación con vehículos en zonas urbanas y periurbanas mediante medios privados y públicos y con la utilización de Internet.

Esta solución combina el largo alcance de los radiomodem en banda estrecha con la amplia difusión de Internet para realizar una Red

Híbrida que permite una amplia cobertura de comunicación en vehículos con una mínima inversión en infraestructura.

Tras el estudio detallado del nuevo sistema, que permite la realización de pruebas complementarias como el análisis hematológico en tiempo real y desde ambulancia, se constata el interés de este nuevo servicio. Este, permite la detección precoz de afecciones que ponen en riesgo inminente la vida de un paciente, como la confirmación de que sufren un IAM (Infarto Agudo de miocardio), afecciones cardíacas o respiratorias, hipoglucemia, fallo renal, fallo hepático, etc., todo ello antes de llegar al hospital. De esta forma, se está permitiendo que el paciente reciba un tratamiento desde el comienzo de su traslado en ambulancia. Esta novedad abre el camino a la atención precoz, desde que se inicia el reconocimiento del paciente y durante el traslado en la ambulancia. Además no presenta costes adicionales (analíticas) ya que sólo se realizarían ante una fundada sospecha clínica, basada en una anamnesia y exploración física adecuadas, con lo que en otras situaciones se realizarían en el laboratorio del hospital a la llegada del paciente.

Las pruebas realizadas al sistema están verificadas por personal médico, mediante ensayos con pacientes “sanos” (investigadores de este trabajo), y ofrecen unos resultados totalmente satisfactorios acerca de la eficacia y el interés del sistema.

Como conclusión final, se establece que la investigación en sistemas de monitorización y pruebas médicas desde ambulancias, es una línea de investigación y desarrollo de gran interés para la reducción de la morbilidad de pacientes con patologías graves, que son objeto de traslado en ambulancia. Además, estos sistemas tienen especial relevancia en catástrofes, permitiendo que cualquier médico desde un hospital, pueda realizar el diagnóstico de varios pacientes simultáneamente con la ayuda de personal sanitario ubicado en la zona.

6. AGRADECIMENTOS

Durante la realización de este trabajo, se contó con la colaboración y financiación del Proyecto de Investigación I+D+I del Programa Nacional de Tecnología de la Información y las Comunicaciones en el periodo 2003-2006, denominado “Sistema Inalámbrico de Monitorización aplicado a los Servicios Móviles

de Emergencias Sanitarias”– Proyecto Ambulancia – “SISMES”, TIC2003-07953-C02-02, el proyecto ABRIL “Aplicaciones Biomédicas en Redes Inalámbricas Heterogéneas”TEC2006-12211-C02-02 y el proyecto RAMAS “Redes de Arquitectura Mallada para Aplicaciones Sociosanitarias” TEC2009-13763-C02-01. Bajo estos proyectos se ha desarrollado el sistema de telemetría empleado en este trabajo.

Colaboración por parte del Hospital Torrecárdenas de Almería para la ubicación de los equipos de recepción de señales e instalación de antenas y equipo repetidor.

REFERENCIAS

- [1] MANZANO-AGUGLIARO, F., ALCAYDE-GARCÍA, A., GIL-MONTOYA, F., MONTERO-RODRÍGUEZ, M.A. On Line temperature measurement system in the laying of high-voltage power-line conductors by topographic surveying. *Dyna*, 86 (1), 89-94, 2011.
- [2] CORREA, A. AND GÓMEZ, R.A. Tecnologías de la Información en la Cadena de Suministro. *DYNA*, 76(157), 37-48, 2009.
- [3] MEYSTRE, S. The current state of telemonitoring: a comment on the literature. *Telemedicine Journal and E-Health*, 11(1), 63-9, 2005.
- [4] YU HU, STOELTING, A., YI-TAO WANG, YI ZOU, SARRAFZADEH, M. Providing a cushion for wireless healthcare application development. *IEEE Potentials*, 29(1), 19–23, 2010.
- [5] REN-GUEY, L., KUEI-CHIEN, C., CHUN-CHIEH, H., TSENG CHWAN-LU. A Mobile Care System With Alert Mechanism. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 11(5), 507-17, 2007.
- [6] SÁNCHEZ-TATO, I., SENCIALES, J.C., SALINAS, J., FANUCCI, L., PARDINI, G., COSTALLI, F., DALMIANI, S., DE LA HIGUERA, J.M., VUKOVIC, Z., CICIGOJ, Z. Health @ Home: A telecare system for patients with chronic heart failure. In: *Proceeding of International Conference Broadband and Biomedical Communications*. Málaga, Spain, v, 1-5, dec. 2010.
- [7] VARSHNEY, U. AND SNEHA, S. Patient monitoring using ad hoc wireless networks: reliability and power management. *IEEE Communications Magazine*, 44(4), 49–55, 2006.
- [8] PAVLOPOULOS, S., KYRIACOU, E., BERLER, A., KOUTSOURIS, D. A mobile System for Emergency Health Care Provision via Telematics Support-Ambulance. In *Proceeding of the IEEE International Conference on Information Technologies Application in Biomedicine*, Washinton, USA, 150-4, may 1998.
- [9] GAGLIANO, D. Wireless ambulance telemedicine may lessen stroke morbidity. *Telemedicine Today*, 6, 22, 1998.
- [10] BORREGO, J., CASADO, F., ESPINOSA, J., GARCÍA, J.L., HERRERA, M., MAZA, B., MURILLO, F., ORTIZ, A., ORÚE, C., PAZ, U., PÉREZ, I., PINO, E., SANCHEZ, J., SANTOS, J., SIMÓN, E., SUÁREZ, E. Traslado de enfermos críticos. *Protocolos de transporte secundario y primario*, Servicio Andaluza de Salud, Sevilla, 2000.
- [11] NOGUEROL, M., NOVAS, N., GÁZQUEZ, J.A., GUILLEN, F., LORENTE, M., BLANCO, J.L. Wireless System of Communications Applied to Transporting of Critical Patients. *Revista Clínica Española*, 204, 241, 2004.
- [12] GIOVAS, P., THOMAKOS, D., PAPAZACHOU, O., PAPADOYANNIS, D. Medical aspects of prehospital cardiac telecare. in *M-Health: Emerging Mobile Health Systems*, (Eds. R.S.H. Istepanian, S. Laxminarayan and C.S. Pattichis), NY: Springer, 389-99, 2006.
- [13] SHIMIZU, K. Telemedicine by mobile communication. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 18(4), 32-44, 1999.
- [14] KYRIACOU, E., PAVLOPOULOS, S., BERLER, A., NEOPHYTOU, M., BOURKA, A., GEORGOULAS, A., ANAGNOSTAKI, A., KARAYIANNIS, D., SCHIZAS, C., PATTICHIS, C., ANDREOU, A., KOUTSOURIS, D. Multi-purpose HealthCare Telemedicine systems with mobile communication link support. *Biomedical Engineering Online*, 1(2), 7, 2006.
- [15] JIMÉNEZ-MURILLO, L., MONTERO-PÉREZ, F.J. *Medicina de urgencias y emergencias, guía diagnóstica y protocolos de actuación*. 4ª edición. Madrid: Elsevier, 895, 2009.
- [16] JIMÉNEZ-MURILLO, L., DURAN SERANTES, M., GONZÁLEZ, A., MARTÍNEZ

M.R., CALDERÓN DE LA BARCA, J.M., MONTERO, F.J. Exploraciones complementarias en medicina de urgencias. En: Medicina de urgencias y emergencias, guía diagnóstica y protocolos de actuación (Eds. L. Jiménez Murillo y F.J. Montero Pérez), 4ª edición, Elsevier, 26-51, 2009.

[17] VARAS, A. Protocolos de Urgencias y Emergencias más Frecuentes en el Adulto. Plan andaluz de urgencias y emergencias (Ed. Fundación EPES), Servicio Andaluz de Salud, 290, 2000.

[18] MONTERO-PÉREZ, F.J., JIMÉNEZ MURILLO, L., COSANO SANTIAGO, J.M. Bioquímica Sanguínea. En: Medicina de urgencias y emergencias, guía diagnóstica y protocolos de actuación (Eds. L. Jiménez Murillo y F.J. Montero Pérez), 3ª edición, Elsevier, 32-45, 2004.

[19] TSAI, S.H., CHUN, S.I., HSU, C.W., CHENG, S.M., YANG, S.P. Use and interpretation of cardiac troponins in the ED. The American Journal of Emergency Medicine, 26(3), 331-41, 2008.

[20] LAM, L.L., CAMERON, P.A., SCHNEIDER, H.G., ABRAMSOM, M.J., MÜLLER, C., KRUM, H. Meta-analysis: Effect of B-Type Natriuretic Peptide Testing on Clinical Outcomes in Patients With Acute Dyspnea in the Emergency Setting. Annals Internal Medicine, 153(11), 728-35, 2010.

[21] LEE, C.C., CHEN, S.Y., TSAI, C.L., WU, S.C., CHIANG, W.C., WANG, J.L., SUN, H.Y., CHEN, S.C., CHEN, W.J., HSUEH, P.R. Prognostic value of mortality in emergency department sepsis score, procalcitonin, and C-reactive protein in patients with sepsis at the emergency department. Shock, 29(3), 322-7, 2008.

[22] JIMÉNEZ-NAVARRO, M., DELGADO JIMÉNEZ, J., RIVERA, M., ROIG, E., SEGOVIA, J., ALMENAR, L., ANGUITA, M., BAYÉS-GENÍS, A., CRESPO, M. Utilidad de los pépticos natriureticos en la insuficiencia cardiaca. Medicina Clínica, 130(15), 591-6, 2008.

[23] ADAMS, N.G. Diagnostic use of C-reactive protein in bacteraemic emergency department patients. Emergency Medicine Australasia, 17(4), 371-5, 2005.

[24] WAKAI, A., GLEESON, A., WINTER, D. Role of fibrin D-Dimer testing in emergency

medicine. Emergency Medicine Journal, 20(4), 319-25, 2003.

[25] NOGUEROL-GUTIERREZ, M. Utilidad clínica de un Sistema de Telemetría a Larga Distancia. [PhD Thesis]. Granada, España: Universidad de Granada, 2008.

[26] NOVAS, N., LOPEZ, J.A., GÁZQUEZ, J.A., PERALTA, J. Unidad cifrador/descifrador de mensajes con información digital, sistema y método de cifrado/descifrado para comunicaciones digitales en tiempo real. Patente nº 2 272 130. 2004- Abril-16.

[27] GÁZQUEZ, J.A., NOVAS, N., BERENGUEL, M., LORENTE, M., NOGUEROL, M. Sistema y método de transmisión de datos entre una unidad móvil y una unidad receptora. Patente nº 2 253 080. 2004-mayo-16.

[28] NOVAS CASTELLANO, N. Sistema de Telemetría a Larga Distancia de Monitores Médicos en Vehículos. [PhD Thesis]. Almería, España: Universidad de Almería, 2007.

[29] GUILLÉN, F.L., GÁZQUEZ, J.A. AND CASTELLANO, N.N. Cálculo del Mapa de Cobertura de Una Red de Repetidores Híbridos Usando Un Vehículo Móvil y GPS. In Proceeding of Ibero-Americana IASK, Oporto, Portugal, 208-14, diciembre 2007.

Abreviatura	Significado
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
BNT, NTproBNP	péptidos natriureticos tipo B
Bps	Bits por segundo
CK	Creatin Cinasa
ECG	Electrocardiogramas
GPRS	General Packet Radio Service
HDL	High-density lipoprotein
IAM	Infarto Agudo de Miocardio
IBP	Invasive Blood Pressure
IP	Internet Protocol
NIBP	Non Invasive Blood Pressure
JVM	Java Virtual Machine
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SpO2	Oxygen saturation
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
UCI	Unidad de Cuidados Intensivos
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System