

Sistema de Monitorización Inalámbrica de Sensores de SPO2 (pulsioxímetros)

María José Morón Fernández¹: mjmoron@uma.es

Eduardo Casilari Pérez¹: ecasilari@uma.es

José Antonio Gázquez Parra²: jgazquez@ual.es

¹Universidad de Málaga. E.T.S.I. de Telecomunicación. Dpto. Tecnología Electrónica. Campus Universitario de Teatinos, 29071 Málaga.

²Universidad de Almería. Escuela Politécnica Superior. Dpto. de Arquitectura de Computadores y Electrónica. Ctra. Sacramento s/n, 04120 Almería.

RESUMEN:

Se presenta un sistema que tiene por objetivo monitorizar remotamente el estado de un paciente, o de un conjunto de pacientes, tanto en un entorno controlado, como abierto.

El sistema está basado en redes de sensores inalámbricas *ad-hoc* Bluetooth, que pueden interconectarse entre sí mediante Wi-Fi, y si procede, a través de la red móvil, al centro de asistencia desde el que se estuviera llevando a cabo la monitorización.

1 Introducción

El incremento de la capacidad de procesamiento, la miniaturización, las comunicaciones inalámbricas y la reducción del consumo de los dispositivos electrónicos, entre otros factores, posibilita el desarrollo de redes inalámbricas e inteligentes de sensores [1].

Tal y como se expone en [1], esta misma tecnología puede utilizarse para que los tradicionales monitores médicos con múltiples sensores cableados se conviertan en sistemas que lleven a cabo una monitorización inteligente, capaz de detectar o predecir situaciones de emergencia.

Los dispositivos que integran este sistema han de reunir los siguientes requerimientos, en principio, altamente críticos: tener dimensiones reducidas, ser ligeros y ergonómicos, y caracterizarse por un reducido consumo, o lo que es lo mismo, tener una larga duración de batería [1].

En [1] se propone una Red de Área Personal (*PAN, Personal Area Network*) inalámbrica, que integre la información de sensores inteligentes. En este caso, la interfaz inalámbrica se implementa mediante un transceptor RF a 916 MHz de *Link Technologies*, proporcionando

capacidad de comunicación bidireccional a 33.6 Kbps con una cobertura de algo más de 50 m y con salida de potencia ajustable.

El siguiente paso es dotar a este sistema del uso de tecnologías 3G. De hecho, en [1] se concluye planteando, como líneas futuras de trabajo, la conexión a la red móvil y la integración en el sistema, de la tecnología GPS.

En la misma línea se encuentra el trabajo [2], que presenta una red de sensores *ad-hoc* a gran escala, ASNs (*Ad hoc Sensor Networks*), para permitir a los especialistas médicos monitorizar a pacientes situados en cualquier lugar, utilizando para ello tecnologías 3G.

El mencionado trabajo se centra en la seguridad de la red, para garantizar la privacidad, que tal y como se indica en [1] es un factor clave en la monitorización continua durante el desarrollo de la actividad cotidiana del individuo.

En [3] se presenta el concepto *M-Health*, que se define como la integración en un sistema de atención sanitaria, de las tecnologías de computación móvil, sensores médicos y sistemas de comunicaciones inalámbricas.

El objetivo de un sistema que responda a este concepto es permitir al personal médico acceder, desde el sistema de información del centro sanitario, a la información sobre el estado de los pacientes independientemente del lugar en el que se encuentre [3].

La incorporación de las tecnologías móviles a la asistencia sanitaria proporciona, entre otros, los siguientes beneficios:

- Mejorar los procesos asistenciales.
- Facilitar el intercambio de información entre agentes sanitarios.
- Agilizar los procesos burocráticos.

Y se traduce en la obtención de las siguientes ventajas:

- Universalidad y equidad de servicio a ciudadanos (urbanos, rurales,...)
- “Continuidad” de servicios (ejemplo: la UCI se traslada a la calle)
- Ahorro de costes, optimización de recursos humanos
- Nuevas formas de atención y colaboración con pacientes (tratamiento más humanizado, atención domiciliaria,...)

En el contexto de los sistemas de aplicación al ámbito de la medicina, que hacen uso de las tecnologías de comunicaciones inalámbricas, cabe resaltar la aportación realizada por el trabajo [4], que contempla la transmisión vía radio y en tiempo real de la información de un monitor médico estándar, durante el traslado de pacientes críticos en vehículos de emergencias.

Es también destacable el sistema desarrollado en [5], que permite enviar a un centro de gestión y supervisión, utilizando la red móvil GSM/GPRS, las señales ECG medidas por sensores en pacientes que se encuentran desarrollando su actividad normal.

En la presente ponencia se propone un sistema de monitorización basado en redes *ad-hoc*, implementadas con tecnología Bluetooth, que, dependiendo del escenario de aplicación, estarían conectadas entre sí, mediante Wi-Fi, y al exterior, mediante GPRS.

El resto del trabajo se estructura como se indica a continuación: en la sección 2 se justifican los fundamentos del sistema propuesto y de la tecnología a emplear, y se describen los posibles escenarios de aplicación que se pretenden cubrir. En la sección 3 se realiza una breve descripción de la tecnología Bluetooth. En la sección 5 se presenta el prototipo, después de haber indicado qué es la pulsioximetría y cómo funciona en la sección 4. Finalmente, en la sección 6, se exponen las líneas en las que se continúa trabajando.

2 Objetivo y justificación

Se pretende construir un prototipo de un sistema inalámbrico, basado en redes *ad-hoc*, que monitorice aquellos parámetros que permiten detectar si una persona está en grave peligro, y que sea capaz de operar en los siguientes escenarios:

- Monitorización remota de un paciente.

- Monitorización de un conjunto de pacientes en un entorno controlado.
- Monitorización de un conjunto de pacientes en un entorno abierto.

Se ha optado por las redes *ad-hoc*, también conocidas como MANETs (*Mobile ad-hoc Networks*), porque son redes inalámbricas que no requieren ningún tipo de infraestructura fija ni centralizada. Por esta razón, pueden desplegarse de forma completamente autónoma, adaptándose dinámicamente a los cambios continuos de las características de la red, tales como la posición de los nodos, la potencia de la señal [6] y la incorporación o desaparición de nodos.

Aunque más adelante se realiza una breve descripción de la tecnología Bluetooth, necesaria para explicar el prototipo que se presenta, a continuación se exponen las razones que avalan la elección de esta tecnología para la interconexión de los componentes de la red [7]:

- Permite lograr una tasa máxima simétrica de 433.9 Kb/s.
- Tiene una cobertura entre 10-100 m, dependiendo de la clase de dispositivo.
- Bajo consumo: el consumo de potencia está limitado a 1 mW, si el radio de la zona que se pretende cubrir es inferior a 10 m y a 100 mW, en el caso de que el alcance del enlace se encuentre en torno a 100 m.
- Implementa control de potencia.
- Implementa procedimientos de seguridad: autenticación y cifrado.

2.1 Monitorización remota de un paciente

El paciente llevaría incorporado un PDA, un dispositivo GPS, y un conjunto de sensores, entre los que cabe destacar el pulsioxímetro, de manera que la interconexión de todos estos dispositivos mediante Bluetooth, daría lugar a un Red de Área Corporal (*BAN, Body Area Network*) inalámbrica, que además, estaría dotada con conexión a la red móvil.

El PDA estaría permanentemente conectado a los sensores, procesando su información para detectar una posible situación de alarma, de forma que, en ese caso, añadiendo a los parámetros de monitorización, la información de localización recibida del GPS se transmitiría vía GPRS al centro de emergencia sanitaria más

cercano, para garantizar una asistencia inmediata.

Además, el PDA debería realizar una función de mantenimiento, garantizando la operatividad de los componentes de la red, y notificando al paciente la necesidad de, por ejemplo, reemplazar una batería.

2.2 Monitorización de un conjunto de pacientes en un entorno controlado

El entorno en el que se encontraran los pacientes a monitorizar tendría que estar dotado de un sistema de control central y de un conjunto de Nodos Concentradores Inteligentes (NCI), que tendrían que distribuirse por todo el recinto, de manera que conforme el paciente se desplazara y saliera de la zona de cobertura de un concentrador, entrara en la de otro adyacente, con el fin de no que no se perdiese en ningún momento el seguimiento de sus señales.

Los NCI se conectarían entre sí, y al Sistema de Control Central por Wi-Fi.

Las funciones de cada uno de los NCI deberían ser las siguientes:

- Detectar cuando un pulsioxímetro sale de su área de cobertura.
- Detectar los pulsioxímetros que se encuentren en su zona de cobertura, establecer comunicación, y autenticar su identidad, antes de proceder a la recepción de los parámetros de monitorización del paciente.
- Enviar al Sistema de Control Central la información procesada y filtrada de todos los pulsioxímetros registrados, junto con la identificación del concentrador, para que en caso de que sea necesario la localización del paciente se pueda llevar a cabo de forma rápida y eficiente.

Otra variante de este escenario, es la monitorización de pacientes en la UCI. El médico en este caso dispondría de un PDA en el que se ejecutaría el NCI, de forma que, conforme el médico se desplazara, el NCI iría conectándose a los pulsioxímetros que se encontrasen en su zona de cobertura y mostraría la información recibida del pulsioxímetro correspondiente al paciente que el médico seleccionara.

2.3 Monitorización de un conjunto de pacientes en un entorno abierto

Con este escenario se pretende modelar el procedimiento de asistencia a pacientes tras la ocurrencia de una catástrofe, con un elevado número de personas afectadas. En estas circunstancias, el problema a resolver sería determinar el orden en el que los afectados deben ser atendidos, dependiendo, lógicamente, de su gravedad.

En primer lugar, se requeriría colocar a cada uno de los heridos un pulsioxímetro y un Dispositivo Indicador de Gravedad (DIG), asociado al pulsioxímetro, y distribuir por todo el área afectada Nodos Concentradores Inteligentes (NCI).

Cada uno de los NCI detectaría los pulsioxímetros que se encontraran en su área de cobertura y establecería comunicación con ellos para obtener los parámetros de monitorización básicos. Además, procesaría la información recibida de los pulsioxímetros para diagnosticar una situación de alarma, de forma que, en esos casos, reenviaría la información hacia el sistema de control central y transmitiría al DIG que correspondiese al pulsioxímetro en cuestión, una señal de alerta, que al ser recibida en el DIG activaría un indicador luminoso, que permitiría a los operarios localizar a los pacientes en estado crítico.

La tecnología empleada para comunicar los NCI, los pulsioxímetros y los DIG se propone a Bluetooth, mientras que para conectar los NCI al sistema de control central, podría utilizarse GPRS.

3 Tecnología Bluetooth

3.1 Introducción

La finalidad con la que se concibe la tecnología Bluetooth es reemplazar el cable de conexión entre dispositivos electrónicos, fijos o móviles, por un enlace radio de corto alcance (10 -100 m), robusto frente a desvanecimientos e interferencias y que permita la transmisión fiable de voz y datos entre unidades Bluetooth. Para ello, se utiliza una técnica de espectro ensanchado, *frequency hopping*, que consiste en ir seleccionando de forma pseudo-aleatoria la frecuencia a la que hay que sintonizar el transceptor radio, que estará comprendida en el rango 2400 - 2483.5 MHz, correspondiente a la

banda 2.4 GHz ISM (*Industrial Scientific Medicine*).

No obstante, el verdadero carácter revolucionario de la tecnología Bluetooth radica en su capacidad de abarcar un amplio rango de aplicaciones mediante la definición de un estándar que garantiza la interoperabilidad entre unidades Bluetooth de diferentes fabricantes. Con este fin, el SIG (*Special Interest Group*) en la norma Bluetooth [7] ha especificado los requisitos que tiene que satisfacer un dispositivo Bluetooth para que responda a un perfil concreto, el cual determina el conjunto de servicios que ofrece, esto es, el uso final al que se va a destinar dicho dispositivo. Los más representativos son los siguientes:

- Perfil de acceso remoto a redes por marcación (modems y teléfonos celulares)
- Perfil de fax
- Perfil de acceso a LAN
- Perfil de telefonía inalámbrica
- Perfil de intercomunicación
- Perfil de microteléfono (o *headset*)
- Perfil de puerto serie
- Perfil de intercambio de objetos genéricos

En las especificaciones [7], para cada uno de los perfiles se definen los protocolos y los procedimientos que serán utilizados por los dispositivos que implementen un determinado caso de uso.

La arquitectura de protocolos sobre la que se asientan los perfiles es la siguiente:

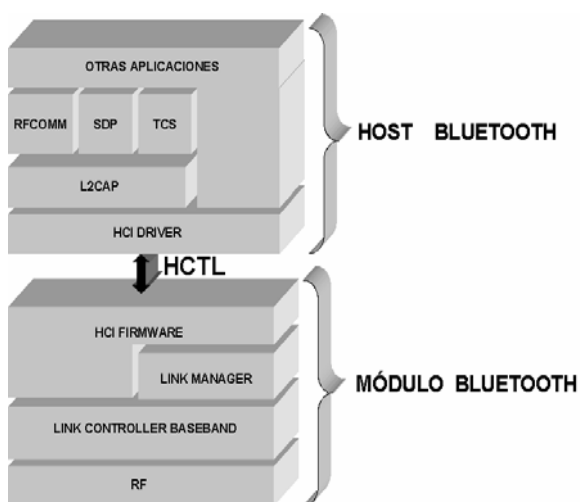


Figura 1: Arquitectura de protocolos de Bluetooth

3.2 Fundamentos teóricos

Cualquiera de las topologías de red que pueden presentarse en los escenarios de aplicación de los perfiles definidos en el sistema Bluetooth se denomina *piconet*. Ésta se constituye en el momento en el que un dispositivo Bluetooth establece una conexión con otra unidad Bluetooth. La unidad que inicia el establecimiento de la conexión desempeña el papel de maestro de la *piconet* y la que acepta la conexión, actúa como esclavo. En una *piconet* pueden participar activamente siete esclavos, pero puede haber conectados hasta un total de 255. Esto es factible porque se ha definido un modo de baja potencia, el modo *PARK*, que posibilita que una unidad permanezca sincronizada a la *piconet* sin tener que enviar datos. La estrategia consiste en que el maestro distribuye los recursos entre todos los dispositivos conmutando las conexiones del modo activo al modo de baja potencia.

Cada *piconet* está definida por un canal al que están sincronizadas todas las unidades que la constituyen. El canal está representado por una secuencia en la que se va saltando pseudo – aleatoriamente a través de los 79 ó 23 canales RF, según el país. Es decir, saltos consecutivos se corresponden a frecuencias RF diferentes. Esta secuencia se determina a partir de la dirección Bluetooth y del reloj del maestro, por lo que será única para cada *piconet*, permitiendo que en teoría, puedan coexistir *piconets* con áreas de cobertura solapadas, dando lugar a una *scatternet*.

En el caso de que una unidad esté operando como esclavo en una de las *piconets* que integran la *scatternet*, podrá participar en las demás de la misma forma, pero si es el maestro, sólo podrá formar parte de otras actuando como esclavo.

La comunicación entre los esclavos no se realiza de forma directa sino a través del maestro, que es el que controla el acceso al canal siguiendo un esquema TDD (*Time Division Duplex*). Para ello, las ranuras temporales o *slots* de 625 μ s de duración en los que está dividido el canal, se numeran de acuerdo con el reloj del maestro de la *piconet*, comenzando en 0 y finalizando en 2^{27} . El mecanismo de acceso al canal, se basa en planificar las transmisiones, teniendo en cuenta que el maestro debe transmitir en los *slots* pares y los esclavos en los impares siempre y cuando hayan sido direccionados en el *slot* anterior.

Cada *slot* se corresponde con una frecuencia RF, pero si el paquete transmitido ocupa más de

un *slot*, la frecuencia no cambiará mientras dure el paquete, de modo que para el próximo, la frecuencia de transmisión será la que corresponda al *slot* en el que se envía, no la siguiente de la secuencia.

4 Pulsioximetría

4.1 Definición

Es la medición no invasiva del oxígeno transportado por la hemoglobina en el interior de los vasos sanguíneos. Se realiza con un aparato llamado pulsioxímetro [8].

4.2 Funcionamiento

El pulsioxímetro, que generalmente tiene forma de pinza y se suele colocar en el dedo, mide la saturación de oxígeno en los tejidos, utilizando un transductor compuesto por dos diodos emisores de luz y un fotodetector.

Uno de los diodos emite luz roja con $\lambda = 660$ nm, y el otro, luz infrarroja con $\lambda = 940$ nm, longitudes de onda características, respectivamente, de la oxihemoglobina y la hemoglobina reducida.

El fotodiodo mide la intensidad de luz reflejada, es decir, que no es absorbida por el tejido a cada una de las longitudes de onda.

El principio de funcionamiento se basa en el hecho de que la hemoglobina oxigenada refleja la luz roja en mayor medida que la hemoglobina reducida, mientras que con ésta ocurre lo contrario.

Se determina la luz absorbida, para cada longitud de onda, cuando la sangre pulsátil está presente y cuando no está presente. A partir de estos dos valores se calcula el logaritmo de su relación y se obtiene la saturación parcial de oxígeno [9].

5 Prototipo

En la actualidad se está desarrollando el prototipo correspondiente al primero de los escenarios planteados en el apartado 2.1, en el que se está trabajando con un único tipo de sensor, el pulsioxímetro, y en el que todavía no se ha incluido el receptor de GPS ni la comunicación vía GPRS.

No obstante, es conveniente aclarar que el prototipo se puede aplicar para la monitorización de pacientes en la UCI, variante del escenario presentada en el apartado 2.2 y

utilizar como componente básico para ir construyendo el resto de los escenarios.

El prototipo desarrollado se basa en una *piconet*, integrada por un Nodo Concentrador Inteligente (NCI), que es el maestro de la *piconet*, y por un pulsioxímetro Bluetooth, comercial, y un conjunto de emuladores de pulsioxímetros, también Bluetooth, que actúan como esclavos.

En la sección 5.1 se describen los distintos dispositivos que integran la *piconet* y en la sección 5.2 se expone cómo se ha desarrollado el prototipo.

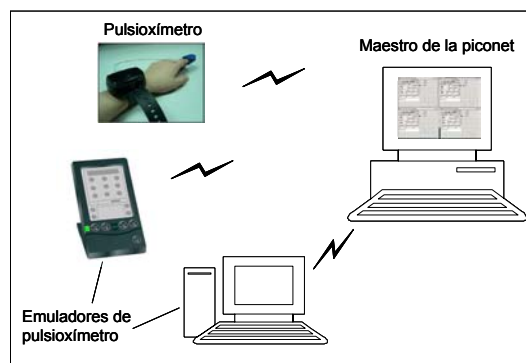


Figura 2: Prototipo de la *piconet*

5.1 Dispositivos

5.1.1 Pulsioxímetro

Se ha empleado un pulsioxímetro Bluetooth comercial, que el individuo puede llevar cómodamente como un reloj de muñeca, y que se caracteriza por una larga duración de la batería.

Este dispositivo implementa el perfil de puerto serie y dispone de dos modos de funcionamiento, de los cuales se está usando el más completo, modo 2, en el que transmite 75 tramas cada segundo.

De la decodificación de estas tramas se extraen los parámetros que a continuación se describen:

- **SPO2**: Nivel de saturación de oxígeno en sangre promediado durante 4 latidos, en modo estándar.
- **SPO2-D**: Nivel de saturación de oxígeno en sangre promediado durante 4 latidos, en modo *display*.
- **E-SPO2**: Nivel de saturación de oxígeno en sangre promediado durante 8 latidos, en modo estándar.

- **E-SPO2-D:** Nivel de saturación de oxígeno en sangre promediado durante 8 latidos, en modo *display*.
- **SPO2 Fast:** Nivel de saturación de oxígeno en sangre promediado durante 4 latidos, no limitado en velocidad de cambio y en modo estándar.
- **SPO2 B-B:** Nivel de saturación de oxígeno en sangre, no limitado en velocidad de cambio, sin promediar y en modo estándar.
- **HR:** Pulso promediado durante 4 latidos, en modo estándar.
- **HR-D:** Pulso promediado durante 4 latidos, en modo *display*.
- **E-HR:** Pulso promediado durante 8 latidos, en modo estándar.
- **E-HR-D:** Pulso promediado durante 8 latidos, en modo *display*.

Siendo:

- **Modo Estándar:** Valores actualizados con cada latido.
- **Modo *display*:** Valores actualizados cada 1,5 seg.

El pulsioxímetro también proporciona 75 valores/segundo para representar un plesismograma, e indicadores de estado, para monitorizar la operatividad del pulsioxímetro:

- **BTS (*Battery Status*):** Estado de la batería
- **OOT (*Out Of Track*):** Fuera de Seguimiento
- **SNSA (*Sensor Alarm*):** Los datos recibidos no pueden ser procesados para su análisis.
- **SNSD (*Sensor Disconnected*):** Sensor desconectado

5.1.2 PDA

El PDA utilizado, en una primera aproximación, es un iPAQ Pocket PC 3975 de Compaq, con microprocesador *Xscale* de Intel a 400MHz, con 48MB de flash ROM y 64MB de SDRAM, características suficientes para el rendimiento necesario, y que además dispone de interfaz Bluetooth.

El S.O nativo ha sido reemplazado por el S.O Linux para plataforma ARM, con:

- La versión 2.4.25 de kernel, que integra la pila de protocolos Bluetooth, *Bluez*.

- El entorno gráfico GPE versión 2.1, basado en la API estándar GTK.

5.1.3 Adaptadores Bluetooth

Como adaptadores se han empleado dispositivos que implementan el módulo Bluetooth, es decir, los niveles HCI FIRMWARE, LM, BB y RF de la arquitectura Bluetooth (ver Figura 1) y que se conectan vía USB al PC, en el que se ejecutan las capas superiores, correspondientes al *Host Bluetooth*.

5.2 Descripción del desarrollo del prototipo y resultados

Tanto el NCI como los emuladores, han sido desarrollados para funcionar en PC y en dispositivos PDA. Se han programado en C, sobre el S.O Linux y utilizando:

- Para la gestión de la comunicación: API Bluez, que implementa las capas HCTL, HCI DRIVER, L2CAP, SDP y RFCOMM de la arquitectura de protocolos mostrada en la Figura 1.
- Para la interfaz gráfica: API *gtk*.

La depuración de ambos subsistemas se ha llevado a cabo también bajo PC, y finalmente han sido portados al PDA haciendo uso de un entorno de compilación cruzada.

El NCI está continuamente buscando los pulsioxímetros que existen en su zona de cobertura, de forma que conforme los va encontrando, comprueba si hay establecida conexión con ese dispositivo, y en caso negativo, la establece, siempre y cuando la autenticación se lleve a cabo satisfactoriamente.

Una vez establecida la conexión, configura el pulsioxímetro y empieza a recibir tramas, que son decodificadas para extraer los parámetros de monitorización descritos en el apartado 5.1.1. Esos parámetros, junto con los indicadores de estado (SNSA, OOT, ...) y el plesismograma, se muestran en un panel como el de la Figura 3.

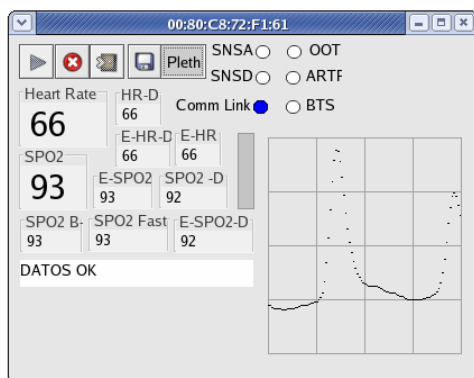


Figura 3: Panel de monitorización

Adicionalmente, para su posterior análisis, existe la posibilidad de almacenar las tramas recibidas, los parámetros extraídos, o incluso los vectores a partir de los cuales se representa el plesismograma.

La Figura 4 corresponde a una fotografía del NCI ejecutándose sobre el PDA, mientras que la Figura 5 muestra los paneles de una *piconet* de cuatro miembros, para el caso en el que el NCI se ejecuta sobre PC.



Figura 4: Panel de monitorización sobre PDA

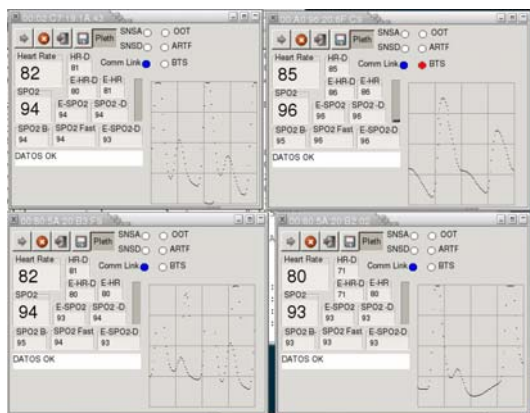


Figura 5: Paneles de monitorización para una *piconet* de cuatro miembros

6 Conclusiones

Para terminar, se ha de aclarar que en el desarrollo del prototipo del sistema de monitorización se continúa investigando en las siguientes líneas:

- Introducir el uso de modos de baja potencia para manejar *piconets* con un elevado número de miembros.
- Incluir otro tipo de sensores, que permitan completar la información sobre el estado del paciente.
- Incorporar a la *piconet*, el receptor GPS.
- Mejorar la interacción entre el paciente y los componentes de la BAN para que se produzca de una manera totalmente natural, y garantice su operatividad permanente.
- Construir emuladores de NCI, para modelar los escenarios restantes (apartados 2.2 y 2.3) y estudiar el funcionamiento global del sistema, investigando:
 - La comunicación vía GPRS entre los NCI y el sistema de control central.
 - Gestión de los NCI desde sistema de control central.
 - Protocolos de comunicación entre los NCI y el sistema de control central.
 - Métodos para procesar y filtrar la información recibida de los pacientes monitorizados.

7 Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por el proyecto de financiación pública TIC 2003-07953-CO2-O1.

8 Referencias

- [1] E. Jovanov, J. Price, D. Raskovic, K. Kavi, T. Martin, R. Adhami, "Wireless Personal Area Networks in Telemedical Environment", *Proceedings of the IEEE EMBS International Conference on Information Technology Applications in Biomedicine*, 2000, pp.74-78.
- [2] F. Hu, J. Tillett, J. Ziobro, N.K. Sharma, "An energy-efficient approach to securing tree-zone-based sensor networks", *Proceedings of IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 2003)*, vol. 3, no. 1, Dec. 2003, pp. 1430-1434.

- [3] R.S.H. Istepanian, E. Jovanov, Y.T. Zhang, "Guest Editorial Introduction to the Special Section on M-Health: Beyond Seamless Mobility and Global Wireless Health-Care Connectivity", *Proceedings of IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 8 , issue: 4 , Dec. 2004, pp. 405 – 414.
- [4] J.A. Gázquez, F.L Guillén, N. Novas, M. Berenguer, "Diseño e Implementación de un Sistema de Comunicación en Tiempo Real y Tolerante a Fallos para Monitorización Médica en Vehículo en Movimiento", *Actas de XXV Jornadas de Automática*, Ciudad Real, Septiembre 2004.
- [5] IT-Deusto (www.itdeusto.com), "Sistema de Detección y Monitorización de Enfermedades Cardiovasculares de un paciente mediante tecnología móvil", presentado en la Feria MovilForum 2004, información accesible por Internet en la noticia http://www.waymovil.net/root/debate_2797.htm
- [6] J.C. Cano, C.T. Calafate, M. P. Malumbres, P. Manzini, "Redes Inalámbricas Ad Hoc como Tecnología de Soporte para la Computación Ubicua", *Revista Novatica* nº 167, Ene-Feb 2004.
- [7] Promoter Members of Bluetooth SIG, *Specification of the Bluetooth System – Version 1.1*, February 2001.
- [8] MJ. Noguero Casado, A. Seco González, "pulsioximetria.pdf", Técnicas en AP: Pulsioximetría, accesible por Internet <http://www.fisterra.com/material/tecnicas/pulsioximetria/pulsioximetria.pdf>
- [9] JJ. Pérez Fontán, GG. Haddad. *Fisiopatología respiratoria*. En: Behrman RE, Kliegman RM, Jenson HB, editores. Nelson: Tratado de Pediatría. 16.ª ed. (ed. esp.). Madrid. McGraw-Hill- Interamericana, 2000; p. 1358-66.

Reseña Curricular

María José Morón Fernández

María José Morón Fernández es Ingeniera de Telecomunicación por la Universidad de Málaga.

Habiendo realizado el programa de doctorado "Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones" y habiendo obtenido la suficiencia investigadora, actualmente está realizando la Tesis Doctoral y desarrollando su actividad profesional como personal investigador del departamento de Tecnología Electrónica de dicha Universidad.

Sus trabajos de investigación incluyen dos ponencias en congresos nacionales: XV SIMPOSIUM NACIONAL DE LA URSI y Congreso INTERACCIÓN 2003.

Su área de investigación actual se centra en el tema objeto de la Tesis Doctoral: "Estudio de la Interacción en Redes de Área Corporal en un Entorno de Inteligencia Ambiental" y en su aplicación al contexto de la telemedicina.

Eduardo Casilari Pérez

Eduardo Casilari Pérez es Ingeniero de Telecomunicación y Doctor por la Universidad de Málaga. Actualmente desarrolla su labor investigadora y docente como Profesor Titular de Universidad dentro del departamento de Tecnología Electrónica de dicha Universidad.

Sus trabajos de investigación incluyen siete publicaciones internacionales y tres nacionales así como más de cuarenta ponencias en congresos nacionales e internacionales.

Sus áreas de investigación actuales son:

- Tráfico Internet (especialmente todo lo relativo al control de calidad).
- Modelado de tráfico telemático (tráfico generado por servicios de vídeo, tráfico Web, tráfico de voz,...).
- Redes multimedia heterogéneas.

J.A.Gázquez Parra

José Antonio Gázquez Parra es Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad de Málaga y Profesor Titular de Escuela Universitaria en el área de Tecnología Electrónica en la Universidad de Almería.

Posee una dilatada experiencia en el campo de la transmisión de datos vía radio, el desarrollo de radiomodems y en el diseño de sistemas con microcontroladores, campos en los que tiene diversos trabajos publicados a nivel nacional e internacional. Actualmente coordina un proyecto de investigación (denominado AIRES) subvencionado por el MEC para el desarrollo de sistemas de telemetría a larga distancia de monitores médicos.