

## IMPLEMENTACIÓN DE UNA CENTRAL DE MONITOREO DE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS EN UNA RED HÍBRIDA

I. Niubó<sup>1</sup>, M. Mulet<sup>1</sup>, H. Santos<sup>1</sup>, A. Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Central de Investigación Digital  
e-mail: [iniubo@icid.cu](mailto:iniubo@icid.cu)

### RESUMEN

Una Estación Central de Monitoreo permite observar las formas de ondas y parámetros fisiológicos de los pacientes así como responder a las alarmas en las salas de cuidados intensivos. El monitoreo inalámbrico incrementa la conectividad de los monitores de cabecera con las estaciones centrales. Este trabajo describe las modificaciones realizadas a una central de monitoreo para incluir el nuevo diseño del monitor de cabecera e incorporar las facilidades de las redes inalámbricas. Las curvas y parámetros fisiológicos son procesados por un protocolo de comunicación, desarrollado por los autores de este trabajo, que permite comunicar la estación central con los monitores de cabecera.

**Palabras claves:** Monitores de Cabecera, Centrales de enfermería, protocolo de comunicación, datos fisiológicos.

### ABSTRACT

A Central Station Monitoring System allows to observe the waveforms and to respond to the patient alarms in the intensive care units. Wireless monitoring networks are increasingly essential in connecting bedside monitors with central stations. This paper describes the modifications of a central station monitoring system to include a new design of bedside monitor with wireless network capabilities. The different physiological variables are processed by means of a communications protocol, developed by the authors, between our system and the different bedside monitors.

**Key words:** bedside monitors, communications protocol, physiological data.

## INTRODUCCIÓN

Las Centrales de Monitoreo son sistemas de vigilancia que permiten seguir el comportamiento de varios pacientes a partir de la información proveniente de los Monitores de Cabecera. La información que se obtiene es multi-paciente, o sea, captura y visualización simultánea de la información básica de monitoreo todas las camas asociadas a monitores de cabecera y mostradas en una pantalla. Las Centrales de monitoreo visualizan las curvas de cada paciente y los valores de sus signos vitales, los eventos de arritmias y las tendencias de todos sus parámetros fisiológicos [1].

El monitoreo desde una Central permite al personal médico y paramédico responder a las alarmas de todos los pacientes en la unidad de forma centralizada.

Con el avance de las nuevas tecnologías se han impuesto las redes inalámbricas en el sector de la salud [2]. El nuevo funcionamiento inalámbrico en los sistemas de monitoreo permite, de forma flexible, contar con supervisión centralizada continua dentro de la unidad de cuidados, permitiendo desplazar fácilmente el monitor del cabecera a una nueva ubicación sin interrumpir la conexión con la Central de monitoreo. La conexión inalámbrica permite de igual forma el transporte del paciente si fuera necesaria una monitorización intensiva o centralizada continua.

Este trabajo se basa en la Central de Monitoreo Galaxy conectada a 16 monitores de cabecera DOCTUS VI, y que es una extensión del trabajo realizado por los mismos autores en la Central Galaxy 8 con DOCTUS IV la cual presenta Registro Médico otorgado por el Centro de Control de Calidad de Equipos Médicos (CCEEM).

## MATERIAL Y MÉTODO

El tipo de red que se utilizó en la primera versión de la central de monitoreo Galaxy8-IV, fue la red Ethernet 100 Base T, debido a su alta fiabilidad. El protocolo de red utilizado fue NetBios, el cual pertenece al nivel de sesión del modelo OSI. En el envío de la información de los monitores de cabecera a la central de monitoreo se escogió el trabajo con datagramas asíncronos. Esto permitió que los monitores de cabecera puedan estar o no en línea en todo momento sin verse afectado el procesamiento de la información en los mismos [3].

Este tipo de red cableada aunque ofrece mucha seguridad es comúnmente combinada hoy en día con redes locales inalámbricas por las ventajas que éstas ofrecen, como son mayor portabilidad y mayores facilidades de transportación sin perder la conexión con la central de monitoreo. Es por ello se hizo necesario realizar un rediseño de la misma para incorporar el nuevo monitor DOCTUS VI con las nuevas

prestaciones, aumentar el número de camas a visualizar e incluyendo una red híbrida que contempla tanto la red cableada como la inalámbrica.

Dentro de las redes inalámbricas, Wi-Fi es el estándar más conocido dentro de la familia 802.11. Este estándar, conocido como 802.11b, brinda la posibilidad de interconectar dispositivos en un radio de 100m, a 11 Mbps y utiliza la banda de frecuencia de 2,4GHz.. Para conseguir que este tipo de redes se interconecte a las redes cableadas, el formato de trama se convierte en los puntos de acceso al formato requerido según sea preciso.

Una de las posibilidades del estándar IEEE 802.11 es que puede ser utilizado con las redes cableadas existentes. 802.11 solucionaron este desafío con el uso de un punto de acceso sin hilos (WAP). Un WAP es la integración lógica entre Ethernet cableada LANs y 802.11.

En los monitores de cabecera se utilizaron adaptadores de red inalámbrica. Estos adaptadores conectan los monitores de la cabecera con una red inalámbrica. El sistema de supervisión central de la estación utiliza el modo de la infraestructura con los puntos de acceso. Un punto de acceso inalámbrico sirve como punto de la conexión entre una red cableada e inalámbrica, lo que llamamos una red híbrida.

Varios Puntos de Acceso se pueden situar a través del hospital para permitir a los monitores de la cabecera con los adaptadores de WLAN la capacidad de comunicarse libremente a través de un área extendida mientras que mantiene el acceso ininterrumpido a todos los recursos de la red.

La figura1 ilustra la infraestructura de red de la Central de Monitoreo Galaxy y los monitores de cabecera con los puntos de acceso.

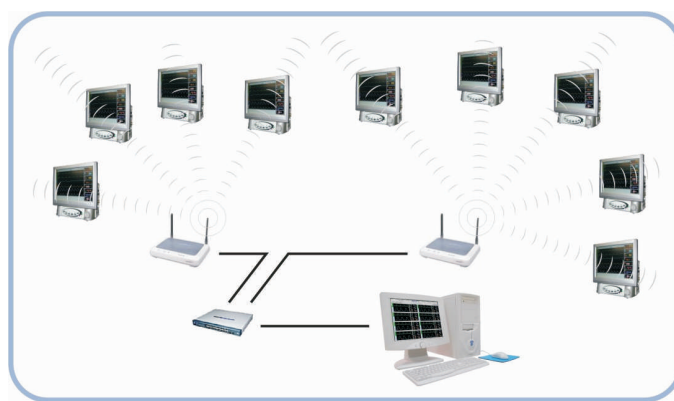


Fig 1. Infraestructura de la red en Galaxy Plus

En el caso de protocolo de red a utilizar en esta nueva concepción de la red, se decidió a cambiar el protocolo NetBIOS al protocolo UDP. Esto se debió a que el UDP es un protocolo ruteable a través del número IP asignados a los monitores de cabecera. Esto permitió aumentar el número de monitores de cabecera a monitorear en la red a más de 8 como se hacía en Galaxy 8-IV. El UDP es un protocolo con envío de datos en datagramas asincrónicos igual que el servicio que brinda NetBIOS por lo que no presenta ninguna diferencia respecto al envío de los datos.

Para enviar los datos fisiológicos desde un monitor de cabecera a la Central de Monitoreo, se mantuvo el protocolo de comunicación diseñado por los autores de este trabajo, con algunas modificaciones que incluyen las nuevas prestaciones del nuevo monitor DOCTUS VI. Este protocolo está formado por varios comandos los cuales se pueden agrupar en dos tipos:

- Comandos de configuración
- Comandos permanentes

Los comandos de configuración son aquellos que se envían cada vez que hay cambios en las configuraciones del monitor de cabecera o en la condición del mismo. A partir de estos comandos de configuración se puede conocer desde la Central de Monitoreo, la configuración del monitor de cabecera. Esta información permite a la enfermera o al médico valorar desde la central de Monitoreo, si el monitor de cabecera está adecuadamente configurado para el tipo de paciente que se encuentra monitoreado por él.

Los comandos permanentes son aquellos que se envían constantemente por el monitor y que se corresponden con las señales biomédicas, parámetros fisiológicos, alarmas, eventos de arritmias y tendencias. Con estos comandos se logra enviar en tiempo real la información de monitoreo ya procesada por los monitores de cabecera. Un aspecto importante es que el envío de estos comandos no debe alterar el tiempo real de los monitores de cabecera, de ahí la importancia de que la estructura de los comandos sea fácil de llenar a partir de los datos que almacena el monitor de cabecera.

La estructura de cada comando y el número de bytes varía en dependencia de su función y de los datos que ellos agrupan.

Las señales biomédicas son almacenadas con una frecuencia de muestreo de 200Hz, lo que hace que se obtenga una muestra cada 5ms [4]. Para evitar sobrecargar el flujo de datos, el comando de las señales biomédicas se envía cada 55ms o más agrupando en un solo comando la información de todas las señales biomédicas.

Los valores de los parámetros fisiológicos se envían en un comando en el momento que se actualizan en la pantalla del monitor de cabecera, cada 1 segundo. De esta forma se envían todos los parámetros fisiológicos en un solo comando.

Los parámetros fisiológicos que se envían son: frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno, dos temperaturas, capnografía, presión no invasiva, y dos presiones invasivas.

En el caso de las alarmas, éstas sí son transmitidas en el momento en que ocurren debido a la importancia de que sean atendidas en el menor tiempo posible en este tipo de sistema.

La Central de Monitoreo tiene que ser capaz de recibir como mínimo de 16 monitores de cabecera, todos los comandos antes mencionados sin perder información, ya que ella debe responder ante cualquier alarma y visualizar todos los datos enviados por los monitores de cabecera sin pérdida de información. Es por ello importante la simplicidad de la estructura de los comandos así como el tipo de protocolo de red utilizado.

La figura 2 muestra la estructura del comando que envía los datos de las señales biomédicas.

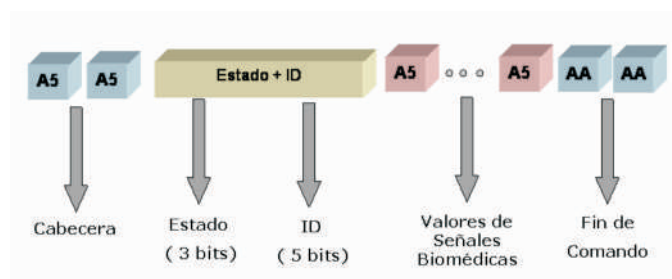


Fig. 2 Estructura de un comando

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo principal de este trabajo es la comunicación y la transmisión de los datos obtenidos por los monitores de cabecera a una Central de monitoreo en una red inalámbrica y que permitan satisfacer todas las necesidades en las salas de terapia intensiva y demás áreas de aplicación según el estado del arte actual [5].

Las prestaciones de la Central de Monitoreo Galaxy son:

- Centralizar la información de monitoreo
- Control centralizado de alarmas audible y visual
- Ofrecer facilidades de visualización a través de una interfaz de usuario configurable y fácil de usar.

Para comprobar el logro del objetivo propuesto se escogieron un conjunto de pruebas a realizar con una Central de Monitoreo y varios monitores de cabeceas DOCTUS VI conectados en una red híbrida. Estas pruebas estaban destinadas a comprobar la efectividad de la configuración de la red inalámbrica, del nuevo protocolo de red UDP empleado y el protocolo de comunicación modificado al efecto.

Las pruebas seleccionadas son un subconjunto de las pruebas clínicas que se le realizaron al sistema Galaxy 8 (sistema anterior), al finalizar la etapa de prototipo para la obtención del Registro Médico obtenido por el sistema. Se escogieron éstas por estar relacionadas con el objetivo principal del trabajo.

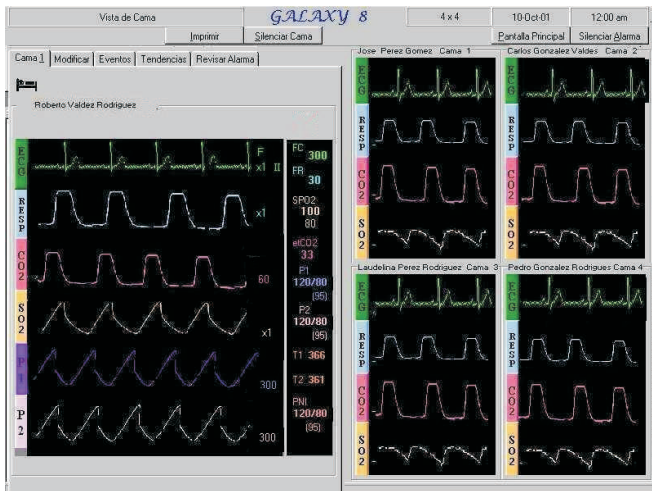
Observe en la Tabla I las pruebas realizadas.

**Tabla I Pruebas realizadas**

Prueba	Objetivo de la Prueba
1	Comprobar la detección de un monitor de cabecera apagado o desconectado de la red
2	Comprobar la recepción de los datos de los monitores de cabecera independientemente de que dicho monitor se esté visualizando o no en la pantalla de la Central de Monitoreo.
3	Comprobar la recepción de las Configuraciones, Tendencias y Eventos de un monitor de cabecera.
4	Comprobar la recepción de aviso de alarmas audibles y visuales por parámetros fisiológicos y eventos de arritmias

Las pruebas obtuvieron un 100 % de efectividad y permitieron comprobar:

- La configuración de la red híbrida
- El uso del protocolo de red UDP
- El protocolo de comunicación creado para la transmisión y recepción de los datos
- La adquisición de los datos y la supervisión de forma simultánea de varios pacientes sin afectar su representación en pantalla y sin pérdidas de información. En la figura 3 se muestra una pantalla de la interfaz usuario de la central de monitoreo.



**Fig. 3 Una vista de la central Galaxy Plus**

## CONCLUSIONES

En este trabajo se describieron las modificaciones realizadas al diseño de la Central de Monitoreo Galaxy 8-IV para su versión Galaxy y su adaptación a una red inalámbrica para estar a la altura del arte de estos sistemas, debido al avance de las nuevas tecnologías de información [6].

Las Centrales de Monitoreo hoy en día son indispensables en las salas de terapia y cuidados cardíacos y cuidados intermedios constituyendo una herramienta útil y cómoda para la atención a pacientes críticos de forma centralizada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ECRI: "Central Station Monitors and Networks"; Health Devices, 21(3-4):86-95, 1992
- [2] ECRI "Wireless LANs in Healthcare", Health Devices, 30 (7), July 2001
- [3] Niubó I, Mulet M, Gual T, Rodríguez A, "Designing a Communication Protocol for a Central Monitoring System", The 25th Silver Anniversary International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society, Cancún, Mexico, pp. 1425-1428, 2003.
- [4] Niubó I, Cruz A, García M., "Arquitectura del Monitor de Signos Vitales", Universidad, Ciencia y Tecnología, 4(14): 77-83, 2000.
- [5] Ronnback BI, Nordberg ML, Olsson A, Ostman A. "Evaluation of environmental monitoring strategies". Ambio 2003;32:495-501.
- [6] ISO/TC Standard: Human Factors Engineering Guidelines and Preferred Practices for the Design of Medical Devices, ISO/TC 210 N 10, July 1994.